Verification of IMO Criteria for Tanker Ship: Comparison between Linear and Nonlinear Models

Hernani L. Brinati
Universidade de São Paulo (USP)
hlbrinat@usp.br

Mardel de Conti
Universidade de São Paulo (USP)
mbdconti@usp.br

Abstract

The paper analyzes some maneuverability models, both linear and nonlinear, in respect to IMO (International Maritime Organization) criteria applied for tanker ships. These aimed criteria encompass turning, initial turning, yaw checking and course keeping abilities. The linear model is based on a low aspect ratio hydrofoil theory and on some semi-empirical adjustments for consideration of hull bluffness. Nonlinear models are here structured based on existing experimental data. Software is built for determination of the hydrodynamic forces and for simulation of the ship paths. Ship velocity is not a parameter in the linear model for steady-state turning maneuvers, in the sense that it is not captured by the corresponding dynamics. The effect of the ship velocity, however, can be observed through the adoption of nonlinear models. The influence of the velocity on the resulting paths and forces is here analyzed, both in the steady and the transient hull motions.

1. Introdução

O presente trabalho trata da verificação de critérios da IMO (*International Maritime Organization)* quanto à manobrabilidade de embarcações, em particular de navios petroleiros.

A constatação das qualidades de manobra para o navio recém entregue se dá por meio das provas de mar. No decorrer do projeto, a verificação dos critérios pode ser feita por ensaios experimentais com modelos em escala reduzida ou por simulações numéricas avançadas. Porém, nas etapas iniciais, é conveniente dispor-se de métodos teóricos e semi-empíricos para avaliar os parâmetros das equações de movimento, que podem ser integradas numericamente.

Este trabalho aplica modelos simples, cujo uso é conveniente no início do projeto. Tais modelos incluem tipicamente as seguintes representações: dinâmica do movimento do casco, formulação dos esforços hidrodinâmicos passivos (casco e apêndices), equacionamento da força propulsora e do torque no hélice, e dinâmica do sistema propulsor (propulsor, eixo, motor).

A representação dos esforços hidrodinâmicos pode ser desenvolvida analiticamente por teorias simplificadas de sustentação e de arrasto para fólios finos sob pequeno ângulo de ataque, como por exemplo a teoria de Jones (Jones, 1946). Alternativamente podem ser empregados resultados experimentais ou empíricos para determinadas classes de embarcações. A Teoria de Jones leva a representações lineares dos esforços em função das componentes de velocidade. Quanto aos coeficientes empíricos, existem representações lineares e não-lineares.

Um dos objetivos deste trabalho é a comparação de resultados obtidos por meio de um modelo linear racional, de um modelo linear com correções empíricas e de um modelo não linear semi-empírico com resultados de provas de mar para o navio Esso Osaka, utilizado como benchmark em diversos trabalhos propostos pela ITTC (*International Towing Tank Conference*).

2. Critérios de manobrabilidade da IMO

Os critérios da resolução IMO (IMO, 2002) se aplicam a toda embarcação de comprimento maior do que 100 metros, e também àquelas de carga perigosa (química, gás) de qualquer comprimento, as quais devem atender a certos padrões de manobra, isto sendo demonstrado no processo de projeto e posteriormente em provas de mar. As condições para essas verificações são: plena carga em águas profundas; condições calmas de ventos e ondas; regime permanente de velocidade, a qual deve ser 90% da velocidade de serviço, com potência 85% da máxima potência de saída do motor.

Os critérios envolvem (ver figura 1):

1) manobras de giro:

   -devem ser verificadas para boreste e para bombordo; deve-se aplicar 35 graus de ângulo de leme ou o máximo permissível na velocidade de teste; o avanço – distância percorrida na direção original, do momento em que o leme é acionado até o aproamento do navio ter se alterado de 90 graus – não deve exceder 4,5 vezes o comprimento do navio; o diâmetro tático – distância percorrida perpendicularmente à trajetória original, do momento em que o leme é acionado até o aproamento do navio ter se alterado de 180 graus – não deve exceder 5,0 vezes o comprimento do navio;

2) capacidade de entrar em giro;

-deve-se aplicar 10 graus de ângulo de leme; a distância percorrida até o navio ter seu rumo alterado de 10 graus não deve ser superior a 2,5 vezes o comprimento do navio;

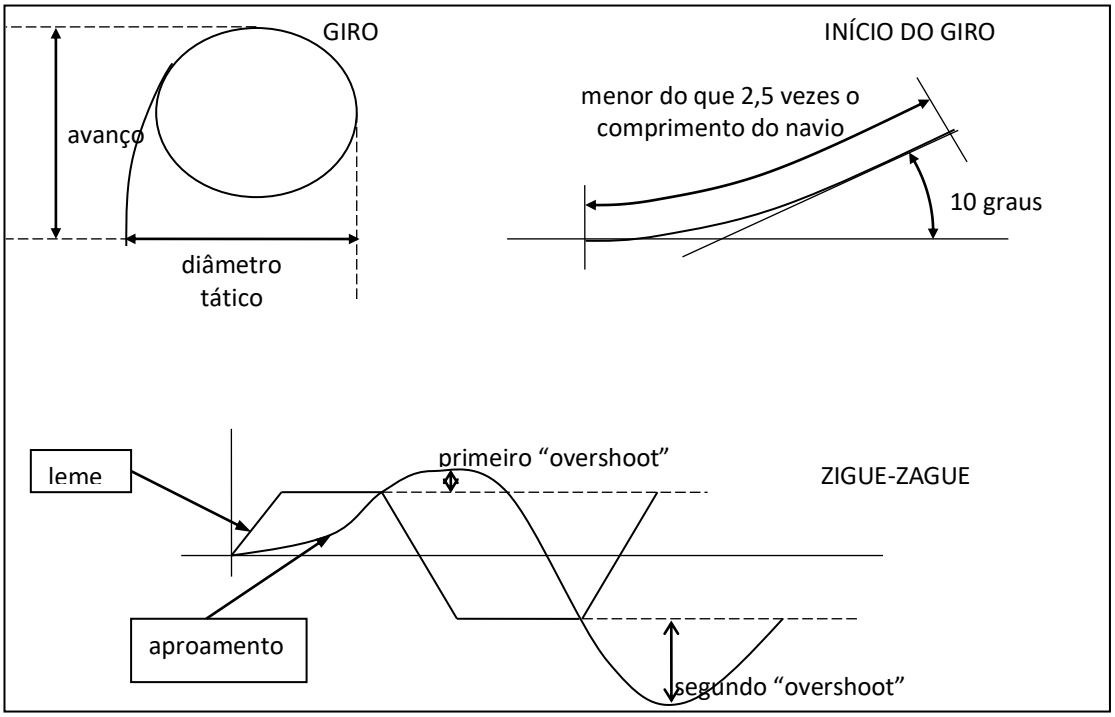


Figura 1 – Ilustração de critérios da IMO (IMO, 2002).

3) manobras zigue-zague com ângulo de leme de 10 graus;

-devem ser verificadas para boreste e para bombordo; deve-se aplicar 10 graus de ângulo de leme; após o aproamento do navio ter-se alterado de 10 graus, deve-se aplicar ângulo de leme de 10 graus no bordo oposto; o resultante ângulo de "overshoot" deve ser menor do que 10 graus se L/U<10 seg[1], menor do que 20 graus se L/U>30 seg, e menor do que $\left(5+\frac{1}{2}\frac{\mathrm{L}}{\mathrm{U}}\right)$ graus se 10 seg<L/U<30 seg; após o aproamento do navio ter-se alterado para 10 graus no outro bordo, volta-se a aplicar ângulo de leme de 10 graus no bordo oposto; o segundo ângulo de "overshoot" deve ser menor do que a soma do primeiro com 15 graus;

4) manobras zigue-zague com ângulo de leme de 20 graus:

[1] L: comprimento entre perpendiculares em metros; U: velocidade de teste em metros por segundo.

-semelhante à anterior, porém com ângulo de leme de 20 graus, considerando-se somente o primeiro "overshoot", que não deve exceder 25 graus;

5) teste de parada:

-o leme deve ficar alinhado com o navio; deve-se ter reversão total do(s) propulsor(es) para ré, a partir da situação de velocidade de teste; a distância percorrida a vante pelo navio a partir da reversão não deve exceder 15 vezes o comprimento do navio; se o navio tiver "grande" deslocamento, este limite pode ser reconsiderado pelos controladores da norma.

Neste trabalho, abordam-se as manobras de giro e zigue-zague, as quais participam dos quatro primeiros critérios; não se aborda manobra de parada, referente ao quinto critério.

3. Modelos de manobra.

Considere-se movimento no plano horizontal. A embarcação está numa certa posição (x,y), com relação a um sistema global fixo na Terra, com um certo aproamento ψ (ângulo que a linha de centro do barco forma com o eixo dos x), conforme figura 2. Os eixos X e Y se alinham com as direções longitudinal e transversal da embarcação em cada instante, com origem no centro de massa. A velocidade de translação a vante é U, sofrendo pequenas variações u na direção longitudinal e v na transversal. A velocidade angular de guinada é r.

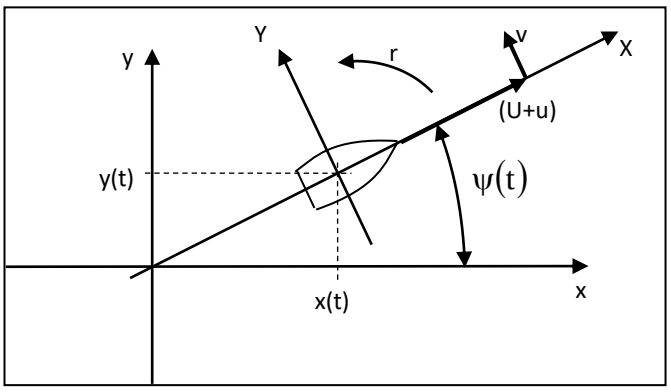


Figura 2 – Movimento da embarcação no plano horizontal

Sejam F_X, F_Y e M_Z os esforços externos sobre a embarcação, excluídos os efeitos de inércia hidrodinâmica. As equações da dinâmica do movimento são:

$$\frac{du}{dt} = \frac{1}{m + m_{Xa}} F_X \quad ; \quad \frac{dv}{dt} = \frac{1}{m + m_{Ya}} \left(F_Y - \left(m + m_{Xa}\right)Ur\right) \quad ; \quad \frac{dr}{dt} = \frac{1}{I_Z + I_{Za}} M_Z \qquad (1)$$

onde m_{Xa}, m_{Ya} e I_{Za} são as inércias adicionadas; os termos de segunda ordem nos esforços inerciais foram desprezados.

Os esforços externos não inerciais, atuantes no casco e superfícies de controle, compreendem arrasto, sustentação e seus momentos. Tais esforços são função dos seguintes parâmetros : proporções, coeficientes de forma e porte da embarcação (expresso, por exemplo, pelo deslocamento); geometria das superfícies de controle (razão de aspecto; área lateral); ângulo do leme (δ); rotação do propulsor (n). Os esforços externos não inerciais dependem ainda das variáveis cinemáticas do movimento. Uma maneira clássica de representação desses esforços é por meio da expansão em séries de potências de u, v, r, δ e Δn (variação da rotação).

Os coeficientes dos termos da expansão segundo u, v e r são conhecidos como derivadas hidrodinâmicas. As derivadas lineares aqui consideradas estão indicadas na tabela 1.

Tabela 1 – Derivadas hidrodinâmicas lineares

Derivadas	Sinal
F_{Xv}, F_{Xr}, $F_{X\delta}$, F_{Yu}, $F_{Y\Delta n}$, M_{Zu}	admitidas nulas
F_{Xu}, F_{Yv}, M_{Zv}, $M_{Z\delta}$, M_{Zr}	negativas
$F_{X\Delta n}$, $F_{Y\delta}$, F_{Yr}	positivas
$M_{Z\Delta n}$	sinal depende de características dos propulsores e de seus sentidos de rotação

Na hipótese de casco simétrico e de velocidades de perturbação pequenas com relação ao movimento retilíneo uniforme a vante, verifica-se um desacoplamento entre a equação de movimento de avanço e os demais (deriva e guinada).

Adotam-se versões não dimensionais para os parâmetros e variáveis do problema, definidas conforme tabela 2.

As equações da dinâmica na forma não dimensional são:

$$\left(2\frac{C_B}{L/B}+m'_{Xa}\right)\frac{du'}{dt'}=-\left|F'_{Xu}\right|u'+\left|F'_{X\Delta n}\right|\Delta n' \tag{2}$$

$$\left(2\frac{C_B}{L/B}+m'_{Ya}\right)\frac{dv'}{dt'}=-\left|F'_{Yv}\right|v'+\left|F'_{Yr}\right|r'+\left|F'_{Y\delta}\right|\delta-\left(2\frac{C_B}{L/B}+m'_{Xa}\right)r' \tag{3}$$

$$\left(I'_Z+I'_{Za}\right)\frac{dr'}{dt'}=-\left|M'_{Zv}\right|v'-\left|M'_{Zr}\right|r'-\left|M'_{Z\delta}\right|\delta\pm\left|M'_{Z\Delta n}\right|\Delta n' \tag{4}$$

Tabela 2 – Definição de parâmetros adimensionais.

Parâmetros dimensionais	Correspondentes parâmetros adimensionais
distâncias	distâncias/L
tempo	$t'=\frac{t}{L/U}$
velocidades de translação	$u'=\frac{u}{U},\ v'=\frac{v}{U}$
velocidades angulares	$r'=\frac{r}{U/L},\ \Delta n'=\frac{\Delta n}{U/L}$
acelerações	acelerações/$\left(U^2/L\right)$
acelerações angulares	acelerações angulares/$\left(U^2/L^2\right)$
forças de inércia, forças externas	forças/$\left[\frac{1}{2}\rho(LT)U^2\right]$
momentos de forças externas	momentos/$\left[\frac{1}{2}\rho L^2TU^2\right]$
inércias	$m'=\frac{m}{\frac{1}{2}\rho L^2T}=2\frac{C_B}{L/B},\ m'_{Xa}=\frac{m_{Xa}}{\frac{1}{2}\rho L^2T},\ m'_{Ya}=\frac{m_{Ya}}{\frac{1}{2}\rho L^2T},\ I'_Z=\frac{I_Z}{\frac{1}{2}\rho L^4T},\ I'_{Za}=\frac{I_{Za}}{\frac{1}{2}\rho L^4T}$
derivadas hidrodinâmicas	$F'_{Xu}=\frac{F_{Xu}}{\frac{1}{2}\rho LTU},\ F'_{Yv}=\frac{F_{Yv}}{\frac{1}{2}\rho LTU};M'_{Zv}=\frac{M_{Zv}}{\frac{1}{2}\rho L^2TU},\ F'_{Yr}=\frac{F_{Yr}}{\frac{1}{2}\rho L^2TU},\ F'_{X\Delta n}=\frac{F_{X\Delta n}}{\frac{1}{2}\rho L^2TU};$ $M'_{Z\delta}=\frac{M_{Z\delta}}{\frac{1}{2}\rho L^2TU^2};\ M'_{Zr}=\frac{M_{Zr}}{\frac{1}{2}\rho L^3TU},\ M'_{Z\Delta n}=\frac{M_{Z\Delta n}}{\frac{1}{2}\rho L^3TU};\ F'_{Y\delta}=\frac{F_{Y\delta}}{\frac{1}{2}\rho LTU^2}$

Para obtenção da trajetória, empregam-se as equações cinemáticas, que na forma não dimensional se expressam por:

$$\frac{dx'}{dt'}=(1+u')\cos\psi-v'\sin\psi\ \ ;\ \ \frac{dy'}{dt'}=(1+u')\sin\psi+v'\cos\psi\ \ ;\ \ \frac{d\psi}{dt'}=r' \tag{5}$$

As derivadas lineares são aqui estimadas pela teoria de asa curta (Jones, 1946). Os coeficientes de sustentação C_L no casco ou em superfícies de controle obedecem:

$$\frac{\partial C_L}{\partial \beta} = \frac{2\pi}{1+\frac{2}{AR}+\frac{2}{AR\left(1+AR/2\right)}} \tag{6}$$

sendo AR a razão de aspecto e β o ângulo de ataque.

No modelo linear, as trajetórias são entendidas como compostas de pequenos desvios instantâneos em relação a trajetórias retilíneas uniformes; neste caso, o ângulo de ataque (*drift angle*) pode ser aproximado por $\beta = \arctan\frac{v}{U} \approx \frac{v}{U}$.

Considere-se um casco de comprimento L, boca B e calado T; sua área lateral é aproximada por LT. Considere-se um leme de área lateral A_{leme}. Na forma não dimensional, as derivadas hidrodinâmicas lineares do conjunto casco-leme ficam:

$$F'_{Yv} \cong -\left|\frac{\partial C_{L,casco}}{\partial \beta}\right| - \frac{A_{leme}}{LT}\left|\frac{\partial C_{L,leme}}{\partial \beta}\right| \tag{7}$$

$$M'_{Zv} = -\frac{1}{2}\frac{\pi T}{L} + \frac{1}{2}\frac{A_{leme}}{LT}\left|\frac{\partial C_{L,leme}}{\partial \beta}\right| \tag{8}$$

$$F'_{Yr} = \frac{1}{2}\frac{\pi T}{L} + \frac{1}{2}\frac{A_{leme}}{LT}\left|\frac{\partial C_{L,leme}}{\partial \beta}\right| \tag{9}$$

$$M'_{Zr} = -\frac{1}{4}\frac{\pi T}{L} - \frac{1}{4}\frac{A_{leme}}{LT}\left|\frac{\partial C_{L,leme}}{\partial \beta}\right| \tag{10}$$

$$F'_{Y\delta} \cong \frac{A_{leme}}{LT}\left|\frac{\partial C_{L,leme}}{\partial \beta}\right| \tag{11}$$

$$M'_{Y\delta} \cong -\frac{1}{2}\frac{A_{leme}}{LT}\left|\frac{\partial C_{L,leme}}{\partial \beta}\right| \tag{12}$$

Clarke et alii (1983) sugerem o uso de coeficientes de correção com base empírica para os termos de sustentação e de inércia.

Adicionalmente ao modelo linear, neste trabalho apresenta-se um modelo que inclui:

-variação da resistência ao avanço em decorrência da deriva e da guinada, implicando em acoplamento das equações da dinâmica em avanço, deriva e guinada;

-dinâmica do sistema propulsor, que fica acoplada às equações anteriores.

A equação modificada para o avanço e a equação para a dinâmica do sistema propulsor são:

$$\left(2\frac{C_B}{L/B}+m'_{Xa}\right)\frac{du'}{dt'}=-R'+T'_h-\left|F'_{Xvv}\right|v'^2-\left|F'_{Xvr}\right|v'r'-\left|F'_{Xrr}\right|r'^2 \tag{13}$$

$$2\pi I'_Q\frac{dn'}{dt'}=Q'_m-Q'_h \tag{14}$$

onde R' é resistência ao avanço, T'_h é força propulsora, F'_{Xvv}, F'_{Xvr} e F'_{Xrr} são derivadas não lineares relativas à variação da resistência ao avanço com deriva e guinada, I'_Q é momento de inércia do sistema propulsor, incluindo efeitos de inércia adicionada do hélice, Q'_m é torque motor, Q'_h é torque resistente do hélice, todos na forma não dimensional, conforme definições da tabela 3.

Tabela 3 – Definição de parâmetros adimensionais para o modelo não linear

Parâmetros dimensionais	Correspondentes parâmetros adimensionais
resistência e força propulsora	$\text{força}/\left[\frac{1}{2}\rho(LT)U^2\right]$
derivadas hidrodinâmicas	$F'_{Xvv}=F_{Xvv}/\left(\frac{1}{2}\rho LT\right)$; $F'_{Xvr}=F_{Xvr}/\left(\frac{1}{2}\rho L^2T\right)$; $F'_{Xrr}=F_{Xrr}/\left(\frac{1}{2}\rho L^3T\right)$
momento de inércia	$I'_Q=\frac{I_Q}{\frac{1}{2}\rho L^4T}$
torques motor e no hélice	$\text{torques}/\left[\frac{1}{2}\rho L^2TU^2\right]$

Na representação das derivadas não lineares, utilizaram-se dados empíricos (Lee et al., 2003); na estimativa para T'_h e Q'_h utilizaram-se dados experimentais para propulsores B-Troost (Lewis, 1988); na estimativa da resistência, utilizaram-se dados empíricos (Lewis, 1988); o torque motor foi considerado constante.

4. Resultados para o navio Esso Osaka e sua comparação com dados de provas de mar

Os modelos apresentados na seção anterior foram usados para simulação de manobras de giro e de zigue-zague para o navio Esso Osaka, fazendo-se uma comparação dos resultados com dados de campo de provas de mar (ITTC, 2002).

Quanto ao modelo linear, determinou-se o histórico das velocidades de perturbação por integração das equações (3) e (4); em seguida, obteve-se a trajetória por integração das equações (5). A velocidade longitudinal permanece constante.

No caso do modelo não linear, o histórico das velocidades de perturbação e da rotação foi determinado pela integração das equações (3), (4), (13) e (14). A velocidade longitudinal e a rotação resultam variáveis.

4.1 – Manobra de giro

Foi simulada a manobra de giro com velocidade inicial de 10 nós e ângulo de leme de 35 graus. Na figura 3 apresentam-se as trajetórias obtidas com os dois modelos (linear e não linear), juntamente com pontos relativos a prova de mar (ITTC, 2002). Nas figuras 4 e 5 apresentam-se os históricos de velocidade de deriva e de velocidade angular de guinada, respectivamente. Nas figuras 6 e 7 apresentam-se a velocidade de avanço e a rotação do eixo.

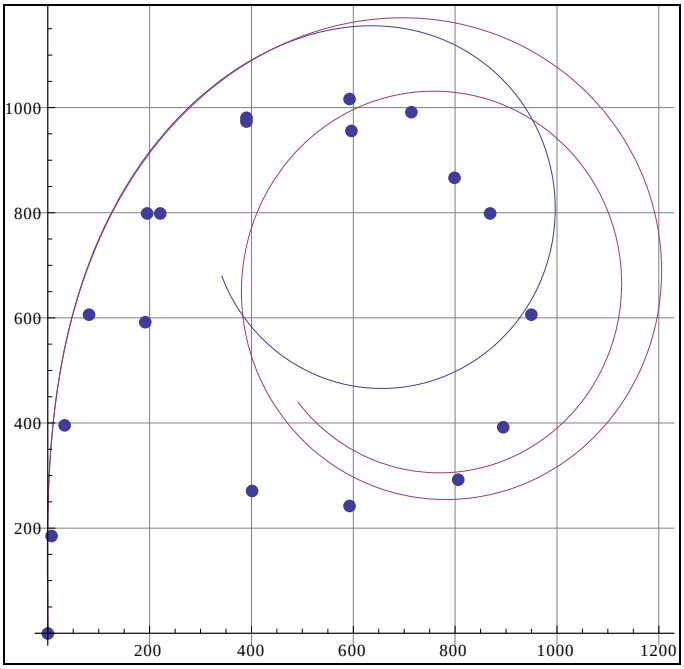


Figura 3 – Trajetória (x e y em metros) – modelos linear (vermelho), não linear (azul) e prova de mar (pontos)

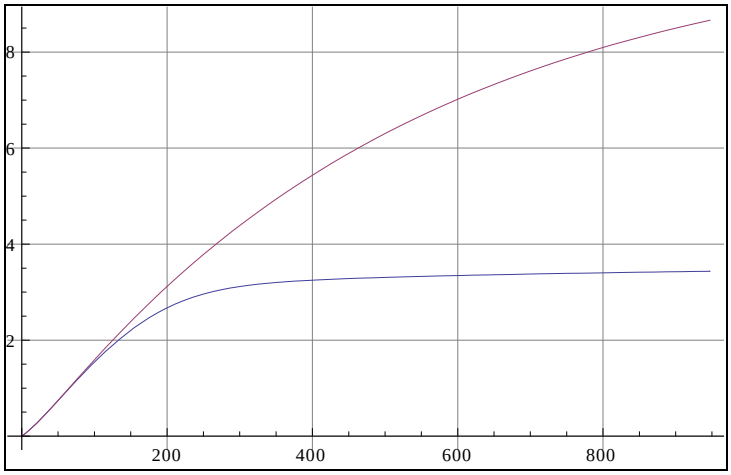


Figura 4 – Histórico de velocidade de deriva (nós; tempo em seg) – modelos linear (vermelho) e não linear (azul)

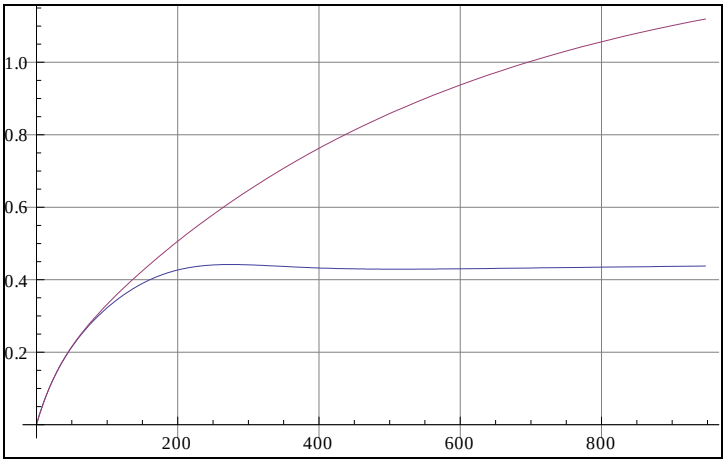


Figura 5 – Histórico de velocidade angular de guinada (graus/seg; tempo em seg) – modelos linear (vermelho) e não linear (azul)

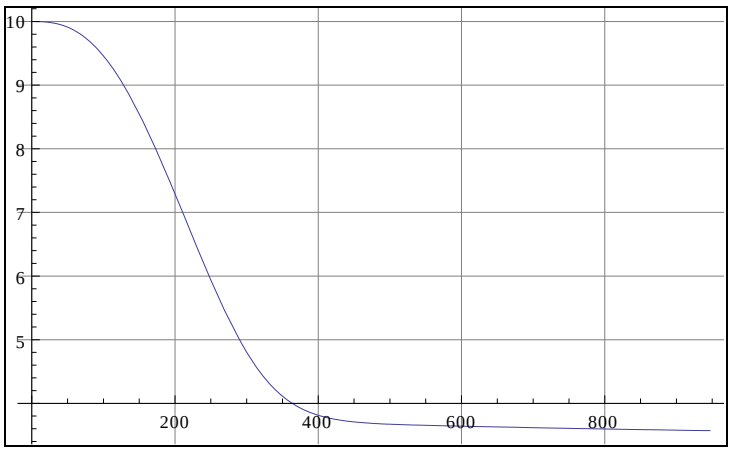


Figura 6 – Histórico de velocidade de avanço (nós) – modelo não linear

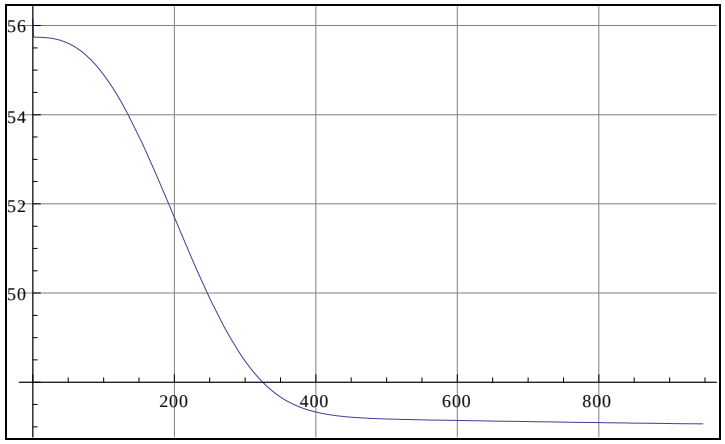


Figura 7 – Histórico de rotação do eixo (rpm) – modelo não linear

4.2 – Manobra de zigue-zague

Foi simulada a manobra de zigue-zague com velocidade inicial de 7.5 nós e ângulo de leme alternado de 10 graus. Na figura 8 apresentam-se os históricos de ângulo de aproamento com os dois modelos (linear e não linear), assim como o ângulo de leme. Nas figuras 9 e 10 apresentam-se os históricos de velocidade de deriva e de velocidade angular de guinada, respectivamente, sendo que no último são acrescidos os resultados de prova de mar (ITTC, 2002). Nas figuras 11 e 12 apresentam-se a velocidade de avanço e a rotação do eixo.

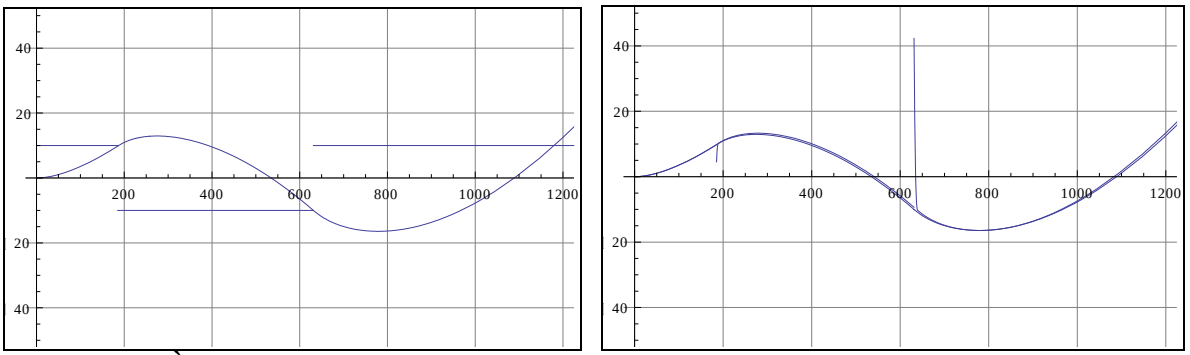


Figura 8 – À esquerda: histórico do ângulo de aproamento e de ângulo de leme (graus) – modelo não linear – realizadas apenas duas mudanças de leme além do posicionamento inicial – À direita: histórico do ângulo de aproamento (graus) – modelos linear e não linear

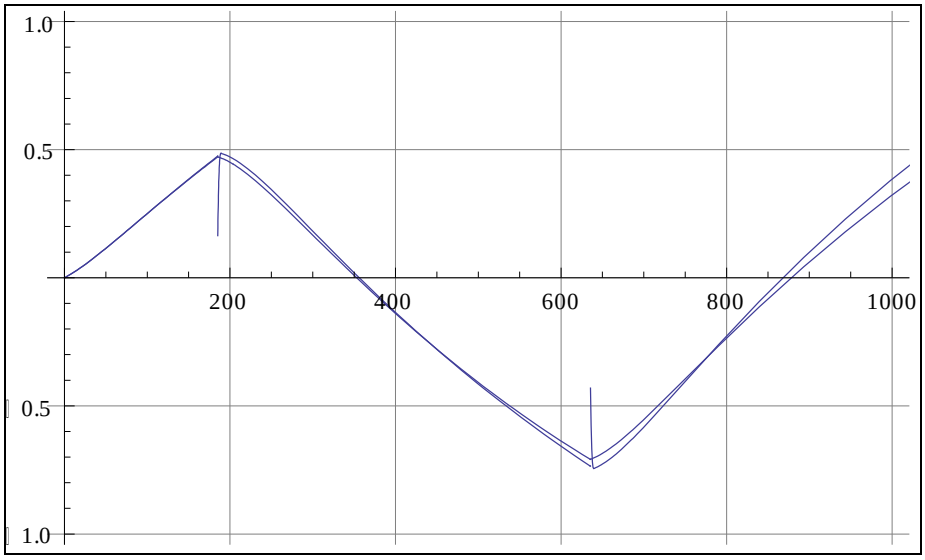


Figura 9 – Histórico de velocidade de deriva (m/seg) –
modelos linear e não linear (com singularidades na mudança de leme)

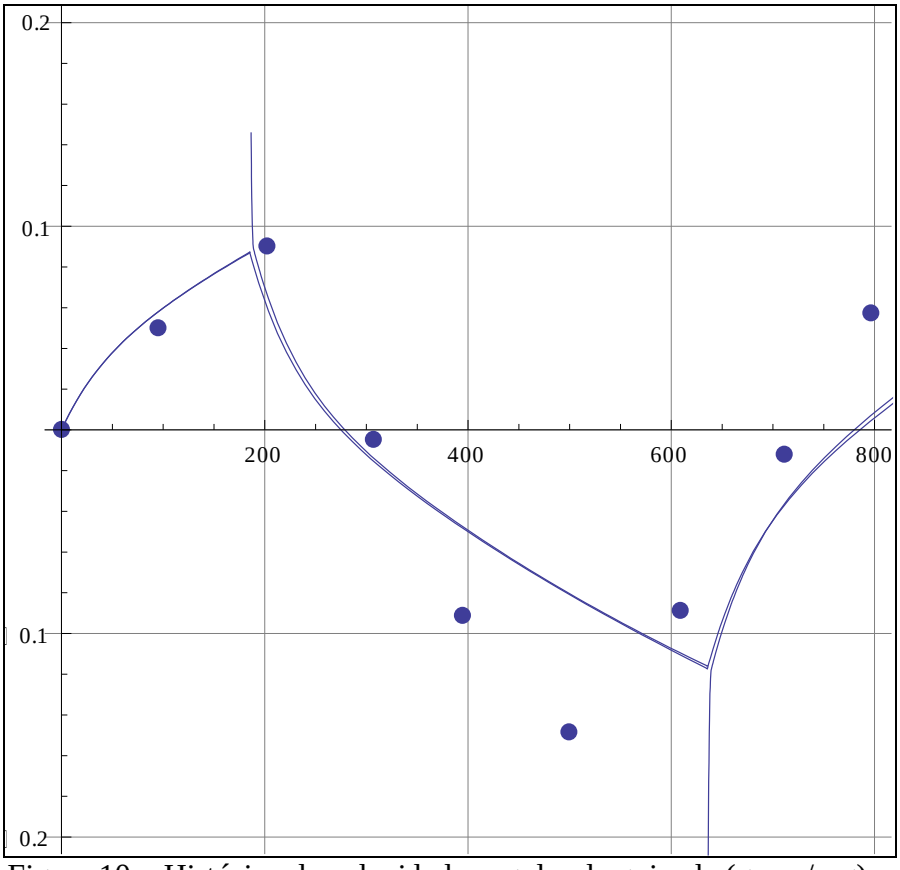


Figura 10 – Histórico de velocidade angular de guinada (graus/seg) –
modelos linear, não linear (com singularidades na mudança de leme) e provas de mar (pontos)

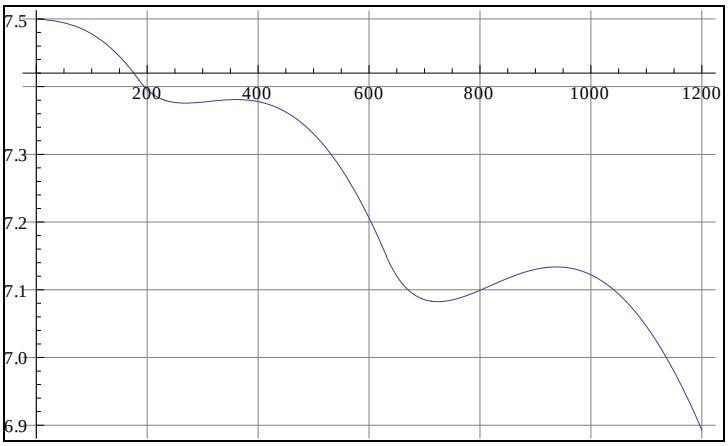


Figura 11 – Histórico de velocidade de avanço (m/seg) – modelo não linear

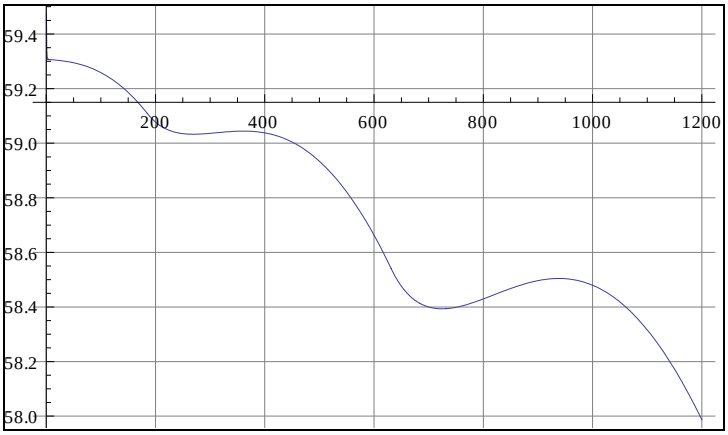


Figura 12 – Histórico de rotação do eixo (rpm) – modelo não linear

5. Conclusões

As seguintes observações podem ser feitas:

a) Os modelos linear e não linear fornecem estimativas do avanço (manobra de giro) que ultrapassam em cerca de 20% os resultados de prova de mar (figura 31); porém, a verificação dos critérios da IMO, para o navio em questão, não fica prejudicada, uma vez que os limites são atendidos com folga; Não há praticamente diferença entre as previsões para avanço pelos modelos linear e não linear;

b) Os modelos linear e não linear fornecem estimativas do diâmetro tático (manobra de giro) diferenciadas; enquanto a estimativa do modelo linear ultrapassa em cerca de 20% o obtido na prova de mar, a do modelo não linear fica bastante próxima da de prova de mar (figura 3); porém, mesmo no caso do modelo linear, a verificação dos critérios da IMO não fica prejudicada, uma vez que os limites são atendidos com folga;

c) O modelo linear apresenta resultados sempre crescentes, para a velocidade de deriva e para a velocidade de guinada na manobra de giro, o que deve estar associado ao fato de a velocidade de avanço permanecer constante, e não diminuir, o que efetivamente é observado na prática; os resultados previstos para o modelo não linear se estabilizam em regime permanente no giro (figuras 4 e 5);
d) O modelo não linear captura a queda da velocidade de avanço e da rotação do propulsor para a embarcação em manobra de giro; a forma da queda da velocidade é assemelhada, e com valores da mesma ordem de grandeza, com a verificada nas provas de mar (ver figuras 6 e 7, bem como ITTC, 2002);
e) Em manobra de zigue-zague, as trajetórias previstas pelo modelo não linear e pelo modelo linear praticamente se confundem; os resultados de ângulo de aproamento apresentam a mesma tendência e ordem de grandeza que aqueles para provas de mar (ver figura 8, bem como ITTC, 2002); os critérios da IMO são verificados com folga; a coincidência prática das trajetórias pode ser inferida pela figura 3, referente à manobra de giro, em que se observa que, para os ângulos menores de aproamento, as trajetórias previstas pelos dois modelos praticamente coincidem; tal é o caso da manobra de zigue-zague com ângulos que não ultrapassam, no presente caso, 10 graus;
f) À semelhança das trajetórias, as velocidades de deriva e as velocidades angulares de guinada previstas pelos dois modelos para as manobras de zigue-zague praticamente coincidem (ver figuras 9 e 10); quanto à comparação dos valores de velocidade de guinada com os de provas de mar (ver figura 10), observa-se retardo da ordem de 150 seg, bem como uma redução das velocidades angulares máximas da ordem de 25%, o que não chega a comprometer a verificação dos critérios da IMO, já que estes são atendidos com folga, como se observou em (e);
g) O modelo não linear captura a queda sinuosa da velocidade de avanço e da rotação do propulsor para a embarcação em manobra de giro; a forma da queda da velocidade é assemelhada, e com valores da mesma ordem de grandeza, com a verificada nas provas de mar (ver figuras 11 e 12, bem como ITTC, 2002).

Conclui-se que há potencial de aplicação dos modelos linear e não linear, cujos únicos dados empíricos e experimentais incorporados se referem ao desempenho do propulsor e à resistência ao avanço, como instrumentos válidos para verificação de atendimento aos

critérios da IMO referentes a manobras de giro e de zigue-zague para petroleiros de grande porte. O estudo deve ainda ser continuado para verificar a utilização desses modelos para outros tipos de embarcação. Sua aplicação, enfatize-se, é indicada para as fases iniciais do projeto, apenas, quando não se conhecem mais do que dados globais da embarcação, desejando-se estudar a influência da variação de certos parâmetros quanto ao desempenho em manobra. Observe-se, finalmente, que o modelo não linear fornece resultados mais realísticos quanto à redução das velocidades.

6. Referências bibliográficas

Clarke, D.; Gedling, P. & Hine, G.. The application of maneuvering criteria in hull design using linear theory. In: Transactions of RINA, v. 125, 1983, p. 45-68.

Clarke, D. & Yap, M. L. R.. A multi-criteria view of the IMO manoeuvring requirements. In: Transactions of RINA, v. 143, 2001, p. 99-111.

Lee, T.; Ahn, Hyoung,K.; Lee, S.; Yum, D.; On an Empirical Prediction of Hydrodynamic Coefficients for Modern Ship Hulls, 2003.

Lewis. Principles of Naval Architecture, Vol.II, SNAME, 1988.

IMO (International Maritime Organization); Explanatory Notes to the Standards for Ship Manoeuvrability; MSC/Circ.1053, 16 December 2002.

ITTC (International Towing Tank Conference; The Specialist Committee on Esso Osaka; Final Report and Recommendations to the 23rd ITTC, 2002.

ITTC (International Towing Tank Conference; The Manoeuvring Committee; Final Report and Recommendations to the 24th ITTC, 2005.

Jones, R. T.; Properties of Low Aspect Ratio Pointed Wings at Speed Below and Above the Speed of Sound. NACA Report, 1946.

Kijima, K.; On Some Problems in the Interim Standards of Ship Manoeuvrability in IMO; *ITTC* (International Towing Tank Conference, Group Discussion B.2 / IMO Standards and ITTC; 23rd ITTC, 2002.

Regulatory and Proprietary Aspects Related to the Use of *FLOSS* for Collaborative Knowledge Construction in an Academic Environment

Tarsila de Conti
Universidade de São Paulo (USP)
tarsilaconti@yahoo.com.br

Mardel de Conti
Universidade de São Paulo (USP)
mbdconti@usp.br

Abstract

This paper analyzes some regulatory and proprietary aspects related to the use of *FLOSS* (Free / Libre / Open Source *Software*, or variants) for collaborative knowledge construction in an academic environment, be them more intensively directed to research, to technical application or to learning activities. The use, improvement and development of *software* under different types of licenses are analyzed and discussed in respect to applicable regulation, constraints to be followed, recognition of intellectual property, motivation for adoption, and other matters. Collaborative knowledge construction by multiple users, openly accessed or with stratified log-in restrictions, are analyzed and discussed in respect to the same aspects as above. Finally, a case study is analyzed, where both *FLOSS* and collaborative knowledge construction philosophies are integrated aiming research, application and learning of numerical methods in engineering.

1. Introdução

Este *paper* aborda o regime de propriedade intelectual aplicável a *softwares* desenvolvidos sob um modelo de trabalho colaborativo em ambiente acadêmico. O foco mais específico desta análise é auxiliar a implantação e o uso de um ambiente computacional para pesquisa, aplicações e aprendizagem de métodos numéricos em engenharia. Para tanto, serão apresentados os principais conceitos jurídicos que regulam a propriedade sobre os *softwares* e os principais tipos de licença aplicáveis. Finalmente, será realizado um breve estudo de caso em que se ponderam os modelos de licença mais adequados às situações vislumbradas pelo projeto.

2. Licenças de *Software* - *Software*s com Direitos Autorais e *Software*s em Domínio Público; Licença Proprietária e Licença *"FLOSS"*; Licença *"FLOSS"* Permissiva e Licença *"FLOSS" Copyleft*

Segundo a convenção de Berna, os *software*s são regidos pelos mesmos direitos conferidos às obras literárias, isto é, o regime de direitos autorais. Estes direitos compõem um conjunto de

prerrogativas exclusivas do autor sobre o *software*, instituindo um verdadeiro regime de propriedade (neste caso, propriedade intelectual).

Os direitos autorais nascem automaticamente a partir da criação do *software*, independem de qualquer formalidade ou registro, e perduram durante cinqüenta anos a partir da data de sua publicação. Deste modo, a existência de direitos autorais sobre um *software* corresponde à condição jurídica natural, é o padrão legal, e independe qualquer postura ativa do autor. Já a abdicação ou a cessão destes direitos corresponde à situação jurídica excepcional, e depende ou de uma ação deliberada do autor ou da transcorrência do prazo legal.

Cada tipo de objeto enseja diferentes modos de manifestação dos direitos de propriedade. Com relação aos direitos autorais sobre *softwares*, incidem as prerrogativas exclusivas de uso, modificação e distribuição do produto. Em outras palavras, todo uso do *software* é legalmente reservado ao autor; trata-se portanto de uma abordagem jurídica negativa, em que se exclui todo uso por parte de terceiros.

Esta abordagem é especialmente relevante em se tratando de bens intangíveis, não exclusivos por natureza. A imaterialidade do bem (como é o caso da informação e do conhecimento) garante sua reprodutibilidade ao infinito, de modo que todos podem possuí-lo ao mesmo tempo e por inteiro. É uma situação bastante diferente da dos bens materiais, em que o uso por mais de um sujeito só pode ocorrer de modo parcial ou alternado. O sistema de propriedade intelectual garante a exclusividade sobre bens imateriais de modo a contornar sua natureza ilimitada.

Cada um dos direitos garantidos pelo sistema de propriedade intelectual pode ser transferido de modo independente dos demais, seja de modo gratuito ou mediante a instituição de alguma obrigação ou pagamento. A transferência destes direitos ocorre através de instrumentos jurídicos particulares, em que se abdicam determinadas prerrogativas de direito autoral em face do uso por terceiros. Assim, o que se percebe é que contratos e licenças são essenciais ao sistema de propriedade intelectual; são meios de compartilhamento de direitos de propriedade de modo controlado.

No que diz respeito aos *softwares*, a transferência de propriedade intelectual ocorre, no mais das vezes, por via de licenças.

As licenças são acordos de com termos de natureza unilateral que adquirem legitimidade jurídica a partir de um ato de aceitação da outra parte. Assim, as licenças assemelham-se a contratos de adesão entre o distribuidor original do *software* e o usuário-final, de modo que ao usuário-final não cabe a discussão dos termos, mas apenas sua aceitação ou rejeição.

Via de regra, as licenças de softwares apresentam-se sob a forma de documentos eletrônicos anexados à cópia do *software*, e trazem uma série de termos que regem o uso, a modificação e a redistribuição do *software* pelo usuário-final, além de estabelecer limites de responsabilidade para o distribuidor original. As licenças também costumam instituir o uso condicional do *software*, isto é, se houver violação dos termos de licença, além de ação por danos, cessam os direitos do usuário sobre o *software*.

As licenças de *software* podem ser classificadas em duas categorias principais: as licenças proprietárias e as licenças "*FLOSS*" (Free/ Libre Open Source *Software*).

As licenças proprietárias conferem ao usuário-final alguns direitos de uso sobre cópias de um *software*. Entretanto, não ocorre uma efetiva transferência de propriedade destas cópias para o usuário-final; há apenas uma permissão para determinados usos, de modo que a aceitação da licença torna-se um imperativo para a realização de qualquer finalidade. As licenças proprietárias de *software* podem ser mais ou menos restritivas dependendo das condições de uso que impõem ao usuário-final. Alguns tipos de licença proprietária têm sido classificados como *Quasi Open Source*. Isto significa que, embora haja um componente *Open Source*, ficam também instituídas restrições de uso do *software*, ou ainda obrigações em contrapartida ao uso do código-fonte.

Por sua vez, as licenças "*FLOSS*" efetivamente conferem a propriedade das cópias do *software* ao usuário-final. Isto significa que, no que se refere ao uso da cópia, o usuário-final possui as mesmas prerrogativas do detentor dos direitos autorais, independentemente da aceitação ou não da licença. Mas embora haja transferência da propriedade da cópia, os direitos autorais permanecem com o distribuidor original, de modo que o exercício de alguns direitos exclusivos (como redistribuição, ou distribuição de versões modificadas do *software*) depende da aceitação dos termos da licença.

Assim, tanto as licenças proprietárias de *software* como as licenças do tipo "*FLOSS*" operam segundo o regime de direitos autorais. As licenças "*FLOSS*" correspondem a um aparato legal que institui um regime de colaboração em troca da cessão da propriedade intelectual. A idéia fundamental das licenças "*FLOSS*" é afastar as restrições impostas pelos direitos autorais, garantindo maior liberdade de uso, modificação e redistribuição dos *software*s; não poderia haver "*FLOSS*" sem propriedade intelectual.

Organizações como a *Free Software Foundation* ("FSF") e a *Open Source Initiative* ("OSI") mantém definições para "*Free Software*" e "*Open Source Software*", a partir das quais classificam e certificam os diversos tipos de licença. Tais organizações possuem amplo

reconhecimento na comunidade de programadores, o que lhes garante o status de *certification marks*. Fundamentalmente, as licenças são labeladas como *Closed Source* (ou proprietárias) e "*FLOSS" (Open Source* ou *Free Software* dependendo da organização*)*, havendo ainda subtipos dentro de cada uma destas classificações.

Segundo a definição da FSF, para que um *software* seja considerado "*Free Software*", quatro liberdades fundamentais devem estar garantidas ao usuário: (i) processar o programa para qualquer finalidade; (ii) estudar o funcionamento do programa e modificá-lo para atender a quaisquer outras finalidades; (iii) distribuir cópias do programa a terceiros; e (iv) aprimorar o programa e disponibilizar cópias das versões modificadas ao público. Para que estas liberdades tenham efeito, faz-se necessária a disponibilização do código-fonte do *software*.

Nesta mesma linha, a OSI mantém sua definição para licença "*Open Source*" segundo uma lista de dez requisitos: (i) garantia da liberdade de redistribuição do *software*; (ii) disponibilização do código-fonte do *software*; (iii) liberdade de modificação do *software* e de elaboração de *softwares* derivados, permitindo-se que sejam redistribuídos sob os mesmos termos de licença do *software* original; (iv) a licença poderá restringir a distribuição do código-fonte em uma forma modificada unicamente se permitir a distribuição de *patch files*, com o propósito de modificar o *software* durante sua construção; a licença deve explicitamente permitir a distribuição de *softwares* desenvolvidos a partir do código-fonte modificado; a licença deve determinar que trabalhos derivados carreguem nome e número de versão diferentes do *software* original; (v) vedação de discriminação de quaisquer pessoas ou grupos; (vi) vedação de discriminação do campo de atuação onde se utilizará o *software*; (vii) a licença do *software* deve aplicar-se a todos aqueles aos quais o *software* seja redistribuído, sem a necessidade de implementação de uma nova licença entre as partes; (viii) os termos de licença do *software* independem que este tenha integrado uma distribuição de *softwares* em particular; os termos de uso do *software* sempre seguem a licença original, e aplicam-se a todos aqueles aos quais o *software* tenha sido redistribuído; (ix) a licença de um *software* não se aplica a *softwares* que tenham sido distribuídos em conjunto com este; (x) a comunicação da licença não deve depender do uso de tecnologias, estilos ou interfaces de caráter individual.

Em oposição aos *softwares* controlados por direitos autorais estão os *softwares* em domínio público. Sobre estes não incidem quaisquer direitos de propriedade ou exclusividade; consequentemente, não se aplicam instrumentos particulares que regulem sua utilização. Para que um *software* encontre-se em domínio público, é necessário que o prazo legal de vigência

dos direitos autorais já tenha transcorrido, ou ainda que o detentor destes direitos abdique de sua exclusividade, colocando o *software* em domínio público.

Mas o abandono deliberado dos direitos sobre um *software* pode apresentar alguns inconvenientes. Além de representar uma doutrina jurídica ainda pouco clara e de efeitos incertos, não permite ao detentor original dos direitos qualquer controle ulterior sobre a redistribuição do *software*. Nestes casos, o mais comum é que a distribuição opere sob uma licença que aproxime os direitos de uso, modificação e distribuição do *software* aos de um *software* em domínio público. Em outras palavras, através de uma licença pode-se liberar determinadas ações e proibir ou condicionar outras, de modo a se obter o resultado legal desejado. Via de regra, estas licenças são do tipo "*FLOSS*" e podem ser do tipo permisivo, ou do tipo *copyleft.*

As licenças "*FLOSS*" permissivas equiparam as liberdades do usuário a uma situação de domínio público, sem oferecer qualquer limitação ao uso, modificação ou distribuição do *software*. Aqui, a idéia é garantir o máximo de liberdade ao usuário-final, que pode inclusive criar e distribuir trabalhos derivados com licenças proprietárias.

Já as licenças "*FLOSS*" *copyleft* visam proteger o conceito de *software* livre na medida em que impõem uma cláusula "*viral*" ou "*share alike*". Isto implica que a distribuição de trabalhos derivados deva adotar o mesmo tipo de licença que o *software* original, o que impede que se criem *software*s proprietários a partir do código-fonte de *software*s livres.

A *GNU General Public License* ("GPL") é um exemplo de licença do tipo *copyleft* amplamente utilizada. A GPL garante ao usuário-final direitos de uso, de realização de engenharia reversa, de acesso ao código-fonte e de adaptação, modificação e redistribuição de cópias do *software* original ou de versões modificadas. Em contrapartida, exige também o cumprimento de determinadas obrigações, como a disponibilização do código-fonte e a garantia dos termos de licença originais quando da distribuição de versões modificadas. O não-cumprimento destes requisitos implica em infringência de direitos autorais. Outros exemplos de licenças *copyleft* são a *Common Public License* ("CPL") e a *European Union Public License* ("EUPL").

Mencionem-se ainda licenças como a *GNU Lesser General Public License* e a *Mozilla Public License*, que também são do tipo "*FLOSS*" *copyleft*, mas que exigem a manutenção da licença apenas para alguns tipos de trabalhos derivados (é o caso de algumas bibliotecas de *software*, que permitem que outros *software*s vinculem-se a elas sem que tenham que ser distribuídos sob a mesma licença). Este tipo de termo de licença é denominado *linking license*.

Já dentre os exemplos mais comuns de licenças "*FLOSS*" permissivas, podemos mencionar a BDS, a MIT, a X11 e a Apache, que além de garantir as liberdades da GPL, não impõem quaisquer restrições quanto à disponibilização do código-fonte ou à manutenção de uma licença equivalente em trabalhos derivados. Licenças *"FLOSS" permissivas* não impedem o desenvolvimento de *softwares* proprietários a partir de *softwares "FLOSS"*.

3. Estudo de Caso - LabNUMERAL - Pesquisa, Aplicações e Aprendizagem de Métodos Numéricos em Engenharia – O Uso de Licenças para o Desenvolvimento Colaborativo de *Softwares* em Ambiente Acadêmico

LabNUMERAL (*Laboratory for Numerical Methods in Engineering: Research, Application and Learning*) é um projeto desenvolvido por pesquisadores da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para pesquisa, aplicação e aprendizagem de métodos numéricos em engenharia. Uma das principais vertentes deste projeto é o desenvolvimento de ferramentas computacionais, mais especificamente *softwares* CFD de interesse (aplicativos em *Computer Fluid Dynamics*), incluindo ferramentas de geração de malhas (pré-processadores), ferramentas de visualização de escoamento (pós-processadores) e ferramentas tipo *solvers*. A elaboração, gestão e aprimoramento de tais ferramentas operam por meio da implantação de um ambiente computacional de caráter colaborativo, que oferece suporte ao desenvolvimento das diversas atividades do projeto. Por vias do uso de uma ferramenta do tipo portal, viabilizam-se: a) a intercomunicação entre usuários por fóruns, *chats*, e-mail; b) a construção de conhecimento colaborativo por *wikis*; c) o processamento remoto de ferramentas computacionais técnicas e administrativas; d) a construção de bancos de dados compartilhados com informação incremental baseada em processamento das ferramentas aplicativas; e) a aprendizagem e gestão de conhecimento por meio de ferramentas computacionais; f) a gestão de projeto; g) o controle de acesso; e h) a gestão de segurança.

A principal vantagem de se optar por um *modus operandi* colaborativo é a significativa ampliação da escala de contribuição intelectual ao projeto. Neste mesmo sentido, são utilizadas preferencialmente estruturas de informática do tipo aberto, o que inclui a opção por sistemas operacionais e demais *softwares* com licenças O*pen Source*, a aplicação de linguagens científicas abertas e o uso de interfaces e ferramentas de edição do tipo *wiki*.

Com relação à produção de *softwares* CFD de interesse, o laboratório dá prioridade à adoção de licenças do tipo "*FLOSS*" *copyleft*, como a *GNU GPL*, ou licenças *Quasi Open Source* em

dependendo do estágio de desenvolvimento da pesquisa, e dos objetivos específicos de cada vertente do projeto.

Ambos os tipos de licença de *software* podem apresentar vantagens e desvantagens, e a adoção de um ou outro modelo será avaliado no caso a caso. Neste aspecto, Veelo (2005; 2009) é bastante esclarecedor no que diz respeito às vantagens acerca da adoção de licenças *"FLOSS"* no desenvolvimento de *softwares* em áreas de alta especialização tecnológica, notadamente no campo da engenharia naval. Segundo o autor, o uso de *softwares "FLOSS"* promove (a) *peer review* (*i.é.*, os usuários atuam como *beta testers*, e deste modo alertam para a existência de *bugs*, corrigem eventuais problemas, incrementam funções existentes e ampliam as possibilidades de ação do *software*. Sob uma licença *copyleft*, a disponibilização destes aprimoramentos deverá reverter para a comunidade segundo o mesmo tipo de licença *"FLOSS"* original); (b) possibilidade do uso de bibliotecas de *softwares "FLOSS"*, sem que se tenha de partir do zero para o desempenho de funções já resolvidas em outros blocos de programas (em outras palavras, os objetivos são atingidos mais rapidamente e com menos esforço); (c) predisposição da comunidade científica em contribuir e integrar o projeto, viabilizando o desenvolvimento de sistemas projetuais mais complexos.

Entretanto, em algumas situações, o alto grau de permissividade de licenças *"FLOSS"* pode ter efeitos indesejáveis, sobretudo no que diz respeito à relativa perda do domínio sobre a ferramenta desenvolvida.

Trata-se aqui de ferramentas que resolvem problemas de nichos tecnológicos muito limitados, ou de grupos muito restritos de usuários. Mas embora tais ferramentas não representem grandes expectativas em termos de proventos vindos de *royalties*, ainda pode haver outros tipos de vantagem na aplicação de licenças que limitam o uso do *software*. Como exemplo, mencione-se uma situação em que, durante determinada fase da pesquisa, seja interessante aos desenvolvedores a coleta de dados advindos da aplicação concreta do *software*. Nestes casos, uma licença *Quasi Open Source* poderia trazer prerrogativas como o uso livre e gratuito do *software*, o acesso ao código-fonte e a possibilidade de modificação do código-fonte para usos pessoais, e em contrapartida impedir a redistribuição do produto, além de exigir que os dados resultantes do uso do *software* sejam concedidos para o desenvolvedor original, apenas com a finalidade de auxiliar as pesquisas e incrementar o desenvolvimento futuro do próprio *software*. Em uma fase ulterior, o próprio desenvolvedor do projeto pode considerar mais adequada a aplicação de uma licença do tipo *"FLOSS"*, e liberar o uso do mesmo com grandes benefícios para a comunidade científica.

4. Considerações finais

O trabalho traçou um breve panorama do regime jurídico de propriedade que regula o desenvolvimento de *softwares*, e apresentou algumas das possíveis zonas de interesse para a comunidade científica em aplicar ferramentas de gestão de conhecimento de caráter colaborativo. Neste panorama, foram traçadas algumas das vantagens e desvantagens da aplicação dos diferentes tipos de licença de *software*, mas sem perder de vista o viés colaborativo e plural da construção do conhecimento.

Bibliografia

Free Software Foundation. At: www.fsf.org/ and www.fsf.org/licensing/essays/free-sw.html (access August 2009)

Open Source Initiative. At: www.opensource.org and www.opensource.org/licenses www.catb.org/~esr/writings/cathedral-bazaar/ (access August 2009)

Raymond, E. S. The Cathedral & the Bazaar - Musings on Linux and Open Source by an Accidental Revolutionary. At: www.catb.org/~esr/writings/cathedral-bazaar/ (access August 2009)

Rosen, L. Defining Open Standards. At: www.rosenlaw.com/DefiningOpenStandards.pdf (access August 2009)

Van Lindberg, Intellectual property and open source - A practical guide to protecting code, O'Reilly, 2008, 1aEd

Veelo, B. N. Free Software as an Option for Ship Design, *Schiffstechnik*, vol. 52, pp. 172–188, 2005.

Importancia de la implementación del control de pesos en la producción de embarcaciones rápidas en materiales compuestos. Caso de estudio: LPR

Roberto Omar Morante Villareal
Jefe Departamento de Estructuras y Materiales, COTECMAR
rmorante@cotecmar.com
Km. 9 Zona Industrial Mamonal, Cartagena – Colombia
Telefono: (57) (5) 6685033 ext. 272
Telefax: (57) (5) 6685377

RESUMEN

La estimación de pesos durante el diseño de embarcaciones tiene una extrema relación con la producción de las mismas debido a que su desempeño depende mayormente del desplazamiento final y de la posición de su centro de gravedad. En embarcaciones construidas en materiales compuestos, en donde las especificaciones finales de fabricación están íntimamente ligadas a la pericia del operario, es vital establecer e implementar un proceso de control de pesos que nazca desde la concepción del diseño básico, que prevalezca a través del diseño contractual y de detalle, y de la producción, y que finalice en las pruebas de puerto previas a la entrega de las embarcaciones, lo cual consiste en establecer inicialmente un peso objetivo basado en capacidades de producción o requerimientos de diseño, luego generar estrategias de control de pesos basadas en índices de producción como porcentajes de peso de resina y fibra, métodos de laminación, permutación y combinación piezas, etc. y ejecutar estrategias de corrección de pesos basadas en funciones de desempeño de la embarcación como su velocidad, estabilidad, comportamiento dinámico etc. La construcción de tres lanchas rápidas de patrullaje en ríos (LPR 40`) es el caso de estudio presentado en este trabajo, aquí se detallan las diversas opciones evaluadas para la implementación del control de pesos y la implementación misma durante la producción. Además, se presentan simulaciones del comportamiento de la embarcación por etapas de avance de la producción cada vez más confiable hasta llegar a la entrega del producto durante las pruebas. Finalmente se detalla un modelo de control que garantizó una entrega del producto acorde a las necesidades de su cliente desde el punto de vista operacional.

ABSTRACT

The weight estimation in small boat design and construction has strong relationship with the boat displacement and the final position of its centre of gravity. In composite materials boats where the final manufacturing specification are closely linked to the worker`s skill and expertise, there must exist a weight control process in all design stages, during construction

and until the sea trial test. The implementation of this process imply to all shipyard departments involved in the boat production once there are contractual agreements, and when initially it is established a goal weight based on production capacity and design requirements, later on generate weight control strategies based on production metrics as percentages by weight of resin and fiber, laminating methods and piece permutation, and finally carry out strategies for weight correction based on boat performance as speed, stability, dynamic behavior, etc. Additionally, there are uncertainties attributed to other materials and equipment specifications where the weight control needs to be managed as limited design space with a rational acquisition process targeting to the best boat performance. The construction of three fast riverine patrol boats (LPR) is the case study presented here and this work describe the different activities which can be carry out for the weight control implementation.

***Palabras claves**: Lancha patrullera de rio (LPR), Diseño de Experimentos (DOE) pesos, monitoreo, incertidumbres, velocidad, desempeño, pruebas de mar*

---

1. INTRODUCCIÓN

Una variedad de términos como ingeniería del control de pesos o estimación de propiedades de masa se usan a menudo cuando se trata de pesos para diseño y construcción de embarcaciones. Generalmente los procesos implícitos en esta disciplina no siempre son atendidos en igual medida cuando los requerimientos varían de uno a otro diseño o del tipo de embarcación y del material de construcción, pero más allá de esa clasificación, el control de pesos comprende no solo el cálculo de los mismos y sus centros de gravedad aplicado a los componentes a bordo sino también su relación con aspectos técnicos y de desempeño, económicos y de riesgo. Tanto es así, que la sola desatención de efectos acumulativos de errores relativamente pequeños en la ingeniería de pesos puede conducir a desempeños insatisfactorios que a su vez pueden amenazar el al entrega final de una embarcación.

Diversas consideraciones pueden ser aplicables a un proyecto de construcción cuando se trata de cumplir los requerimientos iníciales a través de la estricta administración de pesos, mas aun cuando los parámetros a controlar tienen variabilidad y muchas veces dependen de factores estocásticos como la pericia de operarios, su experticia y hasta el ánimo mismo en las condiciones de trabajo. Esto no siempre ocurre en embarcaciones de

acero o de aluminio, pero sí y muy a menudo cuando se fabrican embarcaciones en materiales compuestos y con una infraestructura no automatizada, en donde la variabilidad de las condiciones finales de la estructura y componentes fabricados por las personas es muy alta, lo que hace necesaria la implementación de modelos de control que contemplen lo siguiente:

- Análisis profundo de los requerimientos
- Definición de las variables criticas, sus límites y restricciones,
- Monitoreo continuo y registro de trazabilidad de pesos y centros, y su relación con los acuerdos contractuales,
- Análisis estadístico de datos de pruebas preliminares y proyecciones futuras de pesos,
- Implementación de metodologías de evaluación y selección de materiales basados en desempeño, costo y riesgo,
- Validación de las estimaciones mediante muestreo simple; y,
- Pruebas finales y validación del diseño

Por ello, es vital establecer e implementar un proceso de control de pesos que nazca desde la concepción del diseño básico, que prevalezca a través del diseño contractual y de detalle, y de la producción, y que finalice en las pruebas de puerto y de mar previas a la entrega de las embarcaciones. Esto consiste en establecer inicialmente un peso objetivo basado en capacidades de producción o requerimientos de diseño, luego generar estrategias de control de pesos basadas en índices de producción como porcentajes de peso de resina y fibra, métodos de laminación idóneos a ser usados, permutación y combinación piezas, etc. y a la vez ejecutar estrategias de corrección de pesos basadas en funciones de desempeño de la embarcación como su velocidad, estabilidad, comportamiento dinámico etc. Esto implica que no solo esté involucrado el personal de ingeniería alrededor del proyecto, sino también el cliente, los proveedores de equipos, proveedores de material de alta rotación y las entidades de planeación y construcción del astillero, los cuales deben conocer la estrategia de control de pesos que se está llevando para establecer márgenes de diseño, de incertidumbre e incluso clausulas de penalidades por incumplimiento de pesos a proveedores de equipos que indican pesos mediante catálogos que no son cumplidos al momento de su entrega, o como compromisos previos de personal de producción con objetivos de densidades de laminados por el uso del proceso de fabricación.

A continuación y basado en las consideraciones anteriores se detalla un modelo de control de pesos aplicable a la construcción de embarcaciones en

materiales compuestos que garantiza una entrega del producto acorde a las necesidades del cliente desde el punto de vista operacional. Luego se detallan las diversas actividades evaluadas para la implementación del control de pesos durante la producción de tres embarcaciones de alta velocidad (LPR 40`), además se presentan simulaciones del comportamiento de la misma por etapas de avance de la producción hasta llegar a la entrega del producto durante las pruebas.

2. MODELO DE CONTROL DE PESOS

Este modelo propuesto de control de pesos en embarcaciones fabricadas en materiales compuestos persigue establecer un desplazamiento objetivo y una posición del centro de gravedad basado en los requerimientos contractuales de diseño, en establecer qué pesos son predominantes e influyentes en mayor medida en el diseño y cuáles no, y en definir márgenes, limites y restricciones a las variables afectadas por esos pesos para luego adoptar estrategias de corrección con el fin de mantener el objetivo inicial. En seguida vendría un registro y monitoreo de esos pesos que generen tendencias y alertas basadas en variaciones a través de la construcción de la embarcación. Esto puede considerarse aplicable a todos los proyectos de construcciones de embarcaciones como objetivos generales e independientes, los cuales a su vez derivarán en tareas específicas relacionadas al tipo de embarcación, acuerdos contractuales y sus requerimientos propios de desempeño.

Requerimientos de diseño

Siendo así, las características principales de la lancha patrullera de rio de alta velocidad con capacidades combativas para la ARC se describen en la figura 1 y tabla 1.

Márgenes y Límites

La LPR 40` fue inicialmente concebida para construirse en aluminio naval por lo que aquellas características iníciales sirvieron como partida para mejorar sus condiciones de velocidad al rediseñarse en materiales compuestos. Este rediseño en materiales compuestos fue realizado mediante la determinación de los índices de producción del astillero constructor en cuanto a materiales compuestos, y que a la vez servirían para establecer márgenes de diseño y crecimiento de pesos por grupos constructivos. Para esto, se llevaron a cabo pruebas de laminados por procesos y por operarios a diferentes porcentajes de peso de resina y fibra, y midiendo la variación existente para alcanzar las características mínimas requeridas según la tabla 2 y 3.

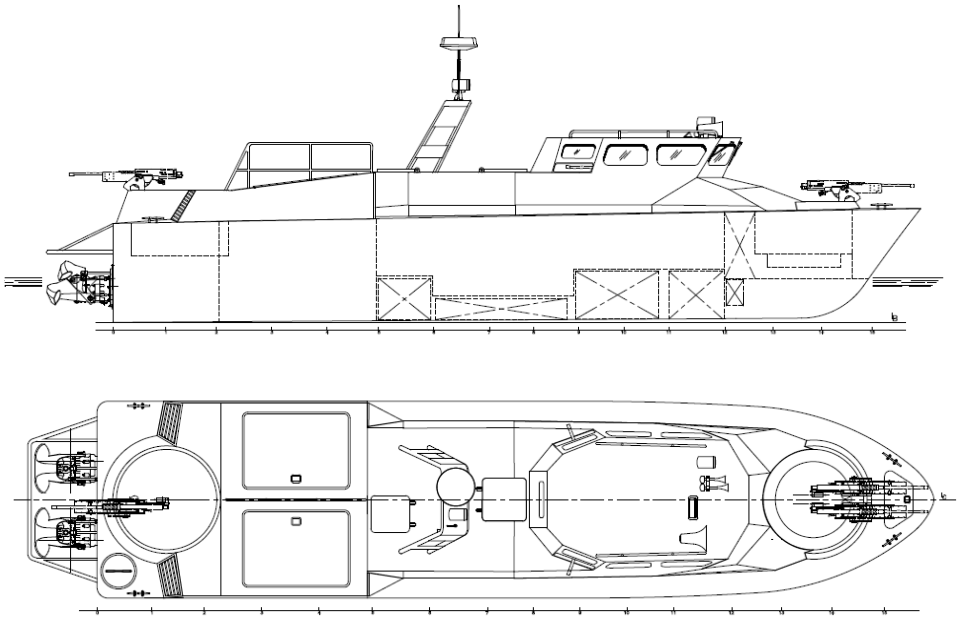


Figure 1.- Lancha patrullera de rio, 40 pies[1]

PERFORMANCE	
Max Speed:	29 Knots (53,7 Km/hr)
Endurance:	5 Days
Range:	500 Kms
DIMENSIONS	
Length:	12,70 m
Breadth:	2,80 m
Depth:	1,53 m
Draft:	0,65 m
Displacement:	12 Ton
CAPACITIES	
Diesel Oil:	625 Gal
ACCOMMODATIONS	
Crew:	06 Crew
GUNS (mounts for guns)	
HMG's:	1X MH2B Double 1X MH2B or MK 19 2X M60
ARMOR	
Balistic Protection:	NIJ Level III (NATO 7.62X51 Cal)
PROPULSION	
Main Engines:	2X 503 BHP@2500 RPM
Propulsion:	2X Water jet
AUXILIARY SYSTEMS	
Electric Power Generators:	1X 4.6kVA @ 60 Hz
Air Conditioning System:	2X 5000 BTU/h
Steering Systems:	2X Hydraulic Nozzle
Fire Extinguishing:	CO2 Fixed for engine room, 4X ABC Portable extinguisher
Anchor:	Danforth Type
Bilge Pumps:	4X 2000 GPH 1X Engine Driven
NAVIGATION	
Radar:	24 MN
Spotlight:	Search
COMMUNICATIONS	
VHF, UHF, HF	

Tabla 1.- Caracteristicas de LPR basadas en requerimientos de diseño[1]

	Carbon/ Vynilester	Glass/ Epoxy	Glass/ Vynilester
Modulo de Young (GPa)	181	38,6	38,6
Relacion de Poisson	0,28	0,26	0,26
Esfuerzo de Fluencia (MPa)	1225	610	496

Tabla 2.- Propiedades mínimas para refuerzos, vagras y cuadernas[2]

	Carbon/ Vynilester	Glass/ Epoxy	Glass/ Vynilester
Modulo de Young (GPa)	70,27	18,97	22,36
Relacion de Poisson	0,29	0,27	0,138
Esfuerzo de Fluencia (MPa)	405,4	254	218,6

Tabla 3.- Propiedades mínimas para paneles

Las conclusiones fueron que el valor esperado de la relación resina/fibra estaría entre 47/53 y 57/43 con un nivel de confianza del 5%. En base a estos resultados, se predijo que el peso de la estructura estaría alrededor de 2150kg manteniendo una incertidumbre del 16% por efectos de producción (traslapes, perdidas, condiciones ambientales, etc.) y en base a ello se difundió una primera

etapa del estado de pesos (tabla 4). Los márgenes para maquinarias y equipos fueron establecidos dentro de un margen global de diseño, que al final contabilizo 25% aproximadamente.

	PESO	VCG	TCG	LCG
GRUPO 100 (Estructura)	2184,81 kg	0,94 m	0,00 m	6,33 m
GRUPO 200 (Propulsión)	2996,60 kg	0,72 m	0,02 m	9,18 m
GRUPO 300 (Electricidad)	537,75 kg	1,18 m	-0,02 m	7,20 m
GRUPO 400 (Electrónica)	53,75 kg	2,13 m	-0,05 m	3,63 m
GRUPO 500 (Sistemas Auxiliares)	252,61 kg	0,87 m	0,18 m	4,32 m
GRUPO 600 (Acomodaciones)	969,10 kg	0,22 m	0,01 m	0,53 m
GRUPO 700 (Armamento)	1451,00 kg	0,99 m	0,02 m	4,86 m
GRUPO F (Consumibles)	2845,00 kg	0,61 m	0,00 m	5,45 m
TOTAL	**11290,62 kg**	**0,76 m**	**0,01 m**	**6,16 m**

Tabla 4.- Estimación inicial de pesos y centros LPR.

Variables a Monitorear (Desplazamiento y KG Limite)

Esta embarcación posee un casco de planeo por las exigencias de velocidad para cumplir sus misiones, además de poder acceder a lugares de bajo calado. Lo anterior condujo a decidir lo determinante que debe ser la atención en la posición longitudinal del centro de gravedad para alcanzar la velocidad contractual y en el desplazamiento final para lograr el acceso a dichos lugares poco navegables por el bajo calado.

Una vez conocidos los requerimientos contractuales del proyecto y haber establecido los márgenes y variables criticas para el tipo de embarcación se procedió a desarrollar estudios del KG[3] y LCG[4] límites para determinar cuantitativamente la influencia de los pesos, límites y restricciones de las variables relacionadas y poder luego establecer las acciones de corrección a desviaciones que se presentaron. Para ello, los diferentes grupos constructivos a través de la lista preliminar de materiales a utilizar y sus ubicaciones a bordo, estimaron la posición del centro de gravedad (C.G.) y el peso de la embarcación para la condición ligera, adoptando una organización interina para este proyecto que se muestra en la figura 2.

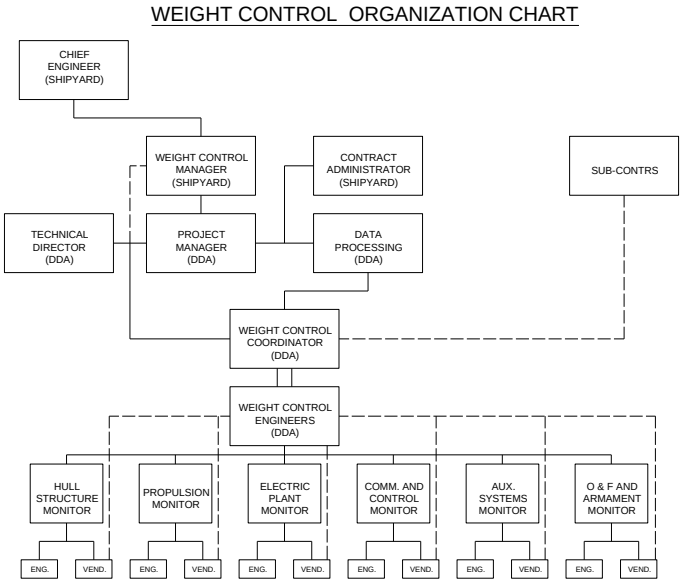


Figure 2.- Organización de control de pesos adoptada[5].

La determinación del KG límite consistió en encontrar la posición más alta y permisible del centro de gravedad para un rango de desplazamientos de la embarcación en donde se evaluaron los siguientes criterios:

- Coding IMO (IMO code on intact stability A.749(18) amended to MSC.75(69))
  - Máximo ángulo de escora debido al giro de la embarcación
  - Vientos severos y criterios de balance
- Código IMO para embarcaciones rápidas (IMO HSC Code MSC.36(63))
  - Áreas bajos las curvas GZ vs. ángulo de escora
  - Angulo de máximo GZ
  - GM inicial

El KG limite se escogió basados en los valores de KG que condujeran a que los criterios anteriores fallen; las conclusiones obtenidas se muestran en la figura 3 y fueron las siguientes:

- Cuando la embarcación estaba en reposo, el KG estaba limitado por el criterio de áreas bajo la curva GZ y GM inicial.
- El KG estimado preliminarmente (VCG=0.76, ver tabla 4) era menor que el máximo KG permitido calculado anteriormente para las condiciones de reposo de la embarcación, siendo este ultimo 1.06m para 11.29ton con criterios de GZ y GM.
- Para las condiciones de velocidad de menores a 15 nudos, el máximo KG permitido era de 0.92m>0.76m.

- Cuando la velocidad de la embarcación era mayor o igual a 15 nudos, el KG se verá limitado por el criterio de ángulo de escora debido al giro de la embarcación. Sin embargo, para velocidades mayores a 19.6 nudos el máximo KG permitido era de 0.76m o cualquier valor menor. Es decir, para maniobras de giro realizadas a una velocidad mayor a 19.6 nudos, este criterio de estabilidad no se cumplía.

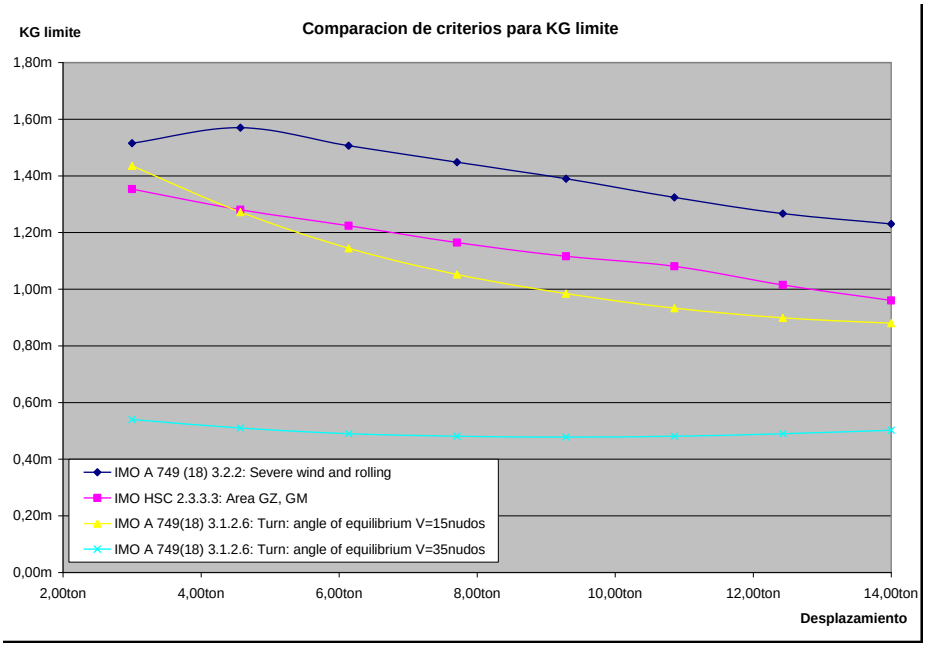


Figure 3.- Comparación de criterios para KG limites

Este análisis del KG permitió revelar únicamente que en reposo la posición vertical del centro de gravedad se encontraba dentro de los valores permisibles para este estudio (considerando criterios de estabilidad intacta). Las maniobras de giro de la embarcación a velocidades mayores a 19.6 nudos no garantizaban el cumplimiento de la norma citada, es decir, el ángulo de inclinación sobre pasaba los 15º. Sin embargo, estas maniobras eran necesarias y el diseño de la LPR debía contemplar reducir la altura del KG estimado hasta un valor que permitiera realizar dichas maniobras cumpliendo dicho criterio.

Influencia predominante de pesos (LCG limite)

Para determinar esta influencia se consideraron los efectos de los lcg´s de los grupos constructivos dentro de la estimación final de pesos y centros:

1. Factor A: LCG Grupo 100

2. Factor B: LCG Grupo 200
3. Factor C: LCG Grupo 300
4. Factor D: LCG Grupo 400
5. Factor E: LCG Grupo 500
6. Factor F: LCG Grupo 600
7. Factor G: LCG Grupo 700
8. Factor H: LCG Grupo 800

Y se llevo a cabo un diseño factorial completo no replicado por tratarse de un modelo determinístico[6]. Mediante un tamizado se asumieron valores altos y bajos de lcg's de los grupos constructivos correspondientes a +5% y -5% del LCG original de cada grupo lo cual resulto en 28 combinaciones o 256 corridas del modelo determinístico de potencia para la variación del LCG, dejando establecido que los lcg´s significativos para este proyecto fueron los correspondientes a los grupos 100, 200 700 y 800 como se muestra en la tabla 5

TERMINO DEL MODELO	CONTRIBUCIÓN PORCENTUAL
A (LCG GRUPO 100)	**26,712%**
B (LCG GRUPO 200)	**47,293%**
C (LCG GRUPO 300)	0,938%
D (LCG GRUPO 400)	0,002%
E (LCG GRUPO 500)	0,075%
F (LCG GRUPO 600)	0,016%
G (LCG GRUPO 700)	**6,140%**
H (LCG GRUPO 800)	**18,824%**

Tabla 5.- Estimación de los efectos de los factores y sumas de cuadrados del diseño factorial 2^8

Una vez determinados los lcg´s significativos en este proyecto se procedió a estimar la influencia de cada uno de ellos en la velocidad de la embarcación mediante otro modelo determinístico de predicción de velocidad. En este caso se tuvieron las siguientes consideraciones:

1. Se considerarán los efectos de 4 factores
   - Factor A: LCG Grupo 200
   - Factor B: LCG Grupo 700
   - Factor C: LCG Grupo 800
   - Factor D: Desplazamiento LPR
2. Se llevo a cabo un diseño factorial completo y no replicado usando el modelo de predicción de velocidad de Savitsky[7]

Al igual que el experimento anterior se desarrolló un tamizado y se asumieron los mismos valores altos y bajos de lcg's para los grupos constructivos correspondientes a +5% y -5% del LCG original de cada grupo, y se varió el desplazamiento de la LPR en +5% y -5% del estimado inicialmente conduciendo a los resultados presentados en la tabla 6, los cuales indicaron que los factores significativos en el modelo fueron los correspondientes a los factores A (LCG GRUPO 200), C (LCG GRUPO 800) y D (DESPLAZAMIENTO LPR), y a las interacciones AD y CD.

CONTRIBUCIÓN PORCENTUAL	
A (LCG GRUPO 200)	**0,532%**
B **(LCG GRUPO 700)**	0,079%
AB	0,001%
C (LCG GRUPO 800)	**0,623%**
AC	0,022%
BC	0,002%
ABC	0,002%
D (DESPLAZAMIENTO)	**94,585%**
AD	**0,748%**
BD	0,140%
ABD	0,019%
CD	**3,187%**
ACD	0,041%
BCD	0,020%
ABCD	0,000%

Tabla 6.- Estimación de los efectos de los factores y sumas de cuadrados del diseño factorial 2^4

Selección racional de materiales críticos (Paneles Balísticos)

A seguir y mientras se desarrollaba la ingeniería de detalle de las lanchas patrulleras de río tuvieron que generarse términos de referencia para la adquisición de paneles balísticos que poseían las características de peso y niveles de protección requeridos por el proyecto y ofertados por diversos proveedores, por lo que la selección de este material influía en el centro de gravedad y el peso de la embarcación para el desempeño final en condición de planeo. Se llevaron a cabo simulaciones y predicciones de potencia para embarcaciones de planeo a diversas condiciones de carga, determinadas en este caso por el peso total de los paneles balísticos a bordo, y se determino la influencia resultante en el desempeño de la LPR para valores entre 15 y 21kg/m^2 de los paneles balísticos. Se grafico predicción de potencia y la curva de empuje del propulsor a instalar (HAMILTON H322) a una potencia de entrada del 80% del MCR (80% de 375kw) y se obtuvieron los resultados de la figura 4.

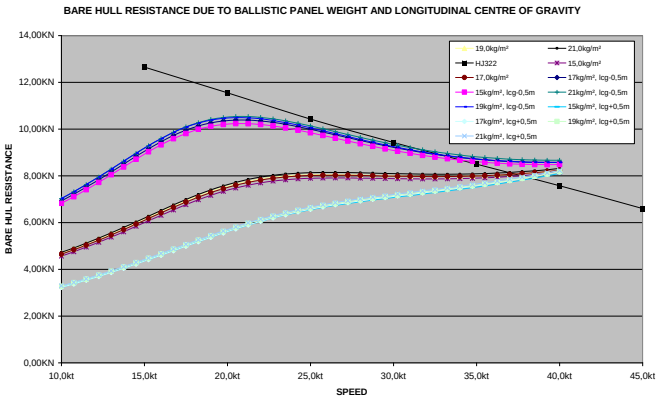


Figure 4.- Predicción de potencia para determinar influencia de paneles balísticos

De estos resultados se concluyo con un alfa de 5% que no hubo diferencia significativa en el peso de los paneles balísticos para el rango considerado en el mercado mientras que si existió diferencia significativa en las posiciones

longitudinales de gravedad (LCG`s). Sin embargo, se pudo determinar la curva de evaluación de desempeño de los proveedores de material balístico para la selección racional de los mismos, la cual se presenta en la figura 5.

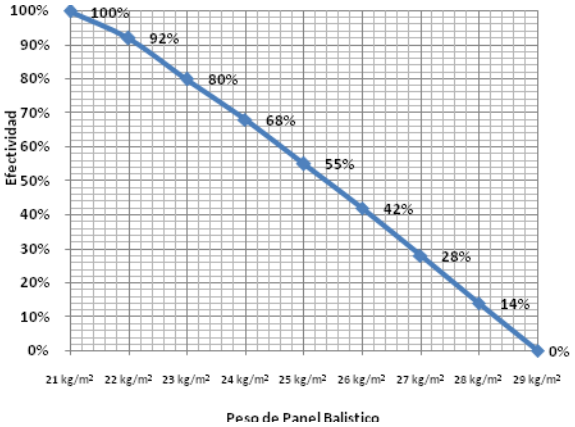


Figure 5.- Curva de selección de proveedores de paneles balísticos

Estrategia de corrección de pesos

La estrategia de corrección en este proyecto se baso en realizar cambios racionales en la posición longitudinal de equipos y materiales a bordo correspondientes a los grupos constructivos que presentaron mayor sensibilidad al cambio del LCG global de la embarcación, aunque cabe destacar que los análisis realizados en este proyecto condujeron a estrategias de corrección de pesos a través de la construcción y antes de la entrega de la embarcación, y que ciertamente no son aplicables a otras embarcaciones ya que las combinaciones de requerimientos, restricciones, variables criticas y metodóloga racional para toma de decisiones puede variar de un proyecto a otro. De los experimentos factoriales anteriores, el primero mostró en orden de importancia que los grupos 200, 100, 800 y 700 eran determinantes para el LCG. Sin embargo, el LCG del grupo 100 no permitía tanta variación debido a que la configuración de la estructura obedece a posiciones fijas a bordo. Esto condujo a disponer únicamente de la libertad de movimiento de materiales y equipos en los grupos 200 y 700 en la etapa de diseño y al grupo F en la operación de la lancha. Por otra parte, habiendo considerado el nivel de complejidad que existía para cambiar posiciones longitudinales en los tres grupos filtrados, se planteo lo siguiente:

- De acuerdo al modelo de regresión del segundo experimento, cambiar racionalmente la posición longitudinal de materiales y equipos del grupo 200 lo mas a proa posible (tentativamente a una posición del lcg_{200} = 8.719m desde el extremo más a proa de LPR, o 46.1cm a proa de la posición actual).
- A seguir, cambiar racionalmente la posición longitudinal de materiales y equipos del grupo 700 a fin de obtener un LCG que resulte en la mayor velocidad predicha posible después del cambio anterior en el grupo 200.

- Por último, simular las condiciones de carga y trasvasije de líquidos (grupo F) longitudinalmente para lograr la mayor velocidad predicha posible después del cambio anterior en el grupo 700.

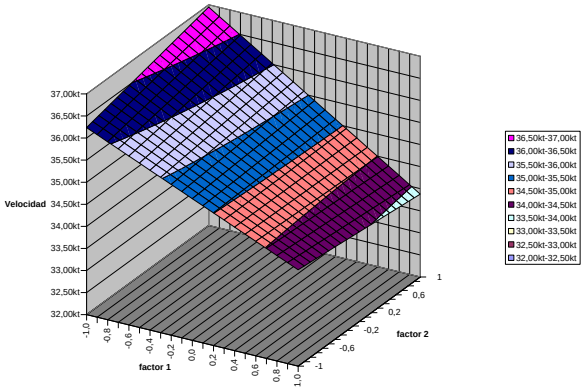


Figure 6.- Superficie de respuesta para LCG grupo F y el desplazamiento

Se pudo encontrar también el máximo desplazamiento permitido para que la velocidad de la LPR sea de al menos 29 nudos (velocidad ofertada en el contrato), el cual fue 13046kg con los márgenes establecidos (figura 7)

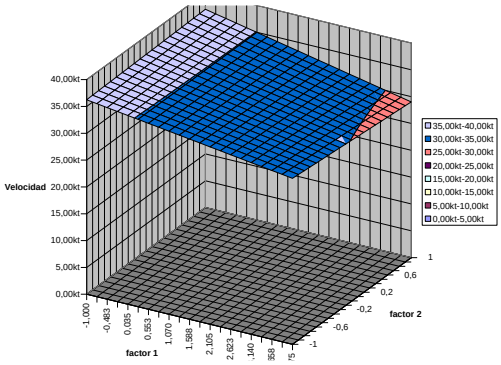


Figure 7.- Superficie de respuesta para determinar el desplazamiento necesario a 29 nudos

Monitoreo y trazabilidad de pesos

El control de pesos necesitó de una herramienta de análisis que procese el estado de las variables críticas y a la vez una continua retroalimentación de dicha herramienta. Para lo cual, a lo largo de la construcción de LPR se establecieron etapas de monitoreo y análisis de acuerdo al porcentaje de avance[8]. Se consolido toda la información en formatos desarrollados para tal fin como hojas de control, mostrada en la figura 8 y en los siguientes hitos:

- 1era Etapa: Cierre Diseño preliminar
- 2da Etapa: Cierre Diseño Básico
- 3era Etapa: Compra de materiales
- 4ta Etapa: Protección Balística Casco
- 6ta Etapa: Compra Motores Caterpillar
- 7ma Etapa: Protección Balística Cabina

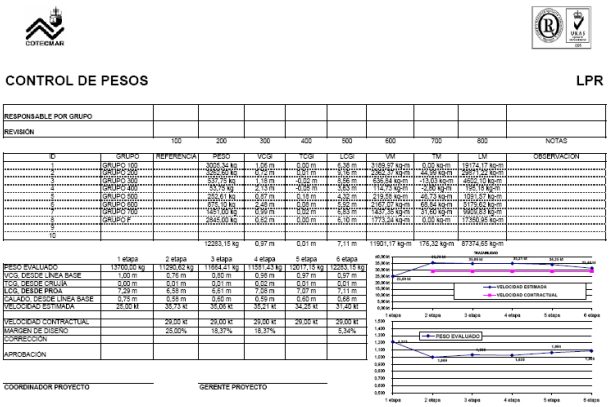


Figure 8.- Formato de control de pesos implementado

La trazabilidad de las características contractuales de la embarcación fue registrada en dichos formatos para monitorear el comportamiento del proyecto y el compromiso de los

objetivos inicialmente acordados con el cliente en reportes de variación como los mostrados en la figura 9:

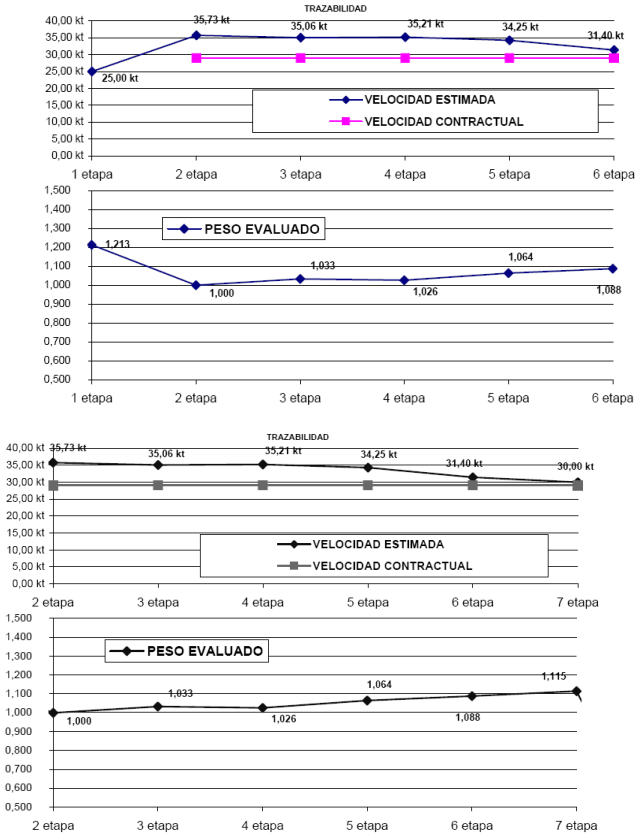


Figure 9.- Trazabilidad de control de pesos en el proyecto LPR

Al final del proyecto, el haber determinado los márgenes de diseño e incertidumbres y las variables criticas, haber seleccionado racionalmente los materiales y establecido clausulas de cumplimiento de las restricciones de desempeño, y haber ejecutado las estrategias de corrección de pesos condujo a poder cumplir los acuerdos contractuales de velocidad y calado con las condiciones de habitabilidad, capacidad de carga y de combate de las lanchas patrulleras de rio de 40´. Esto pudo comprobarse cuando debido a los márgenes de crecimiento de pesos por la variabilidad estimada inicialmente y al margen de diseño establecido a la condición de operación de los motores, la LPR presentaba una velocidad controlada de 30nudos en la 7ma etapa del control de pesos, lo que generaría confiabilidad en los resultados al momento de las pruebas de mar finales.

3. VALIDACIÓN DEL MODELO DE CONTROL DE PESOS Y DETERMINACIÓN DE MÁRGENES REALES DE DISEÑO

Habiendo realizado estimaciones iniciales y proyecciones futuras de pesos, incertidumbres y márgenes de diseño, y la selección racional de materiales junto con el continuo monitoreo de pesos por etapas, la LPR alcanzó una velocidad de 39.43nudos en condición máxima y estado de mar 0 durante las pruebas de mar. Las pruebas de arranque y de mar de los motores CAT C9 revelaron que la carga de los mismos fue del 97% en la condición de diseño, de lo que se concluyo que del 25% del margen establecido (por la incertidumbre en el laminado final y en los pesos del equipamiento) solo se consumió un 4% debido a las estrategias de corrección

implementadas y a la toma de decisiones racional para la instalación de equipos a bordo basados en una medida de desempeño de mínimo peso y máxima velocidad.

4. CONCLUSIONES

Se implementó el modelo de control de pesos como una organización interna del astillero, en donde se realizaron diversas actividades relacionadas a mantener los acuerdos contractuales sin cambios. También, se demostró la importancia de aplicar metodologías racionales de diseño que garanticen la validación del mismo para tener altas posibilidades de cumplimiento con los acuerdos contractuales y que la estimación preliminar de pesos mediante pruebas preliminares en embarcaciones fabricadas en materiales compuestos es vital cuando existen altas variabilidades dependientes del factor humano. Finalmente se encontró que aunque las variabilidades de ciertos pesos de equipos a instalar a bordo de una embarcación no fueran tan altas, es indispensable adquirirlos mediante una metodología de selección racional ya que en embarcaciones menores de alta velocidad la influencia de los mismos es significativa.

5. BIBLIOGRAFÍA

[1] Dirección de investigación desarrollo e innovación, Anexo Técnico Contractual LPR 40`, COTECMAR 2007

[2] Galanis Konstatinos, Hull Construction with composites materials for Ships, Massachusetts Institute of Technology 2002

[3] Morante Villareal Roberto, Estudio del KG límite para el control de pesos LPR, COTECMAR 2008

[4] Morante Villareal Roberto, Estudio del LCG límite para el control de pesos LPR, COTECMAR 2008

[5] SNAME Panel SD-1 (Weight Engineering), Two model weight control plans for ships, SNAME 1986

[6] Montgomery Douglas, Design and Analysis of Experiments 5th edition, John Wiley & Sons 2001

[7] Savitsky Daniel, Procedures for Hydrodynamic Evaluation of Planning Hulls. DAVIDSON LABORATORY

[8] Thomas Lamb, Ship Design and Construction Volume 1, SNAME 2003

DOS CASOS PRACTICOS DE INGENIERIA APLICADA EN EMBARCACIONES MENORES ENFOCADOS EN MEJORAR LA PERFORMANCE

Ing. Horacio Chakass (UNQ, info@horaciochakass.com)

Ing. Mario Colpachi (FIUBA, mcolpac@fi.uba.ar)

RESUMEN

Se describen los fundamentos técnicos de la reforma de la carena realizada en la lancha de prácticos SEAPILOT de 40 pies de eslora total, que opera en el Puerto de Montevideo y de la reforma del barco a motor clásico 'EDEN ROCK' de madera, de 85 pies de eslora.
En el caso de 'SEAPILOT', el buque había sido primitivamente modificado para permitir la re-motorización pero a consecuencia de la reforma se presentaron fenómenos de inestabilidad dinámica y decayó la performance. En este trabajo se exponen los parámetros que, ante la consulta, fueron tomados en cuenta para permitir que la embarcación recuperara su capacidad operativa y ampliara su rango de operación.
En el caso del 'EDEN ROCK' se trató de una reforma integral de la embarcación incluyendo entre otros aspectos el diseño y la construcción de nuevos interiores, el replanteo global de la sala de máquinas a causa de la re-motorización y la reforma de la estructura requerida por los cambios mencionados. Se realizó un análisis de la resistencia al avance y luego se ensayó el modelo en el Canal de Experiencias de Arquitectura Naval de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. Se determinó el valor de LCG óptimo, sobre el que se basaron las propuestas para determinar la nueva línea de eje, la distribución de pesos, la ubicación de los motores, transmisiones, tanques, silenciadores, etc. Se determinó la velocidad máxima alcanzable y el rango más conveniente para la operación de crucero. Las previsiones fueron corroboradas en los ensayos y en la navegación.

OPTIMIZACION DE LA CARENA EN LA EMBARCACION 'SEAPILOT' DE 40 PIES DE ESLORA QUE OPERA EN MONTEVIDEO (R.O.U.). – 2008

La lancha de tráfico SEAPILOT original tenía un desplazamiento en operación (half load) de aprox. 11 [t] . Con dos motores diesel de 180 [CV] cada uno, alcanzaba una velocidad de servicio de 12 [kt] (Figura 1:Lancha SEAPILOT)**.**



Figura 1:Lancha SEAPILOT



Figura 2: La SEAPILOT luego de la primera reforma

Para ampliar su desempeño el armador cambió la motorización por dos motores de 375 [CV], con un desplazamiento en servicio de [t] y mayor capacidad de combustible (Figura 2: La SEAPILOT luego de la primera **reforma).**

Debido a la remotorización se presentaron fenómenos de inestabilidad dinámica que conducían a una escora permanente, no se alcanzaba el régimen de planeo y no era posible llevar carga en la cubierta de popa (Figura 3: Tipos generales de inestabilidad).

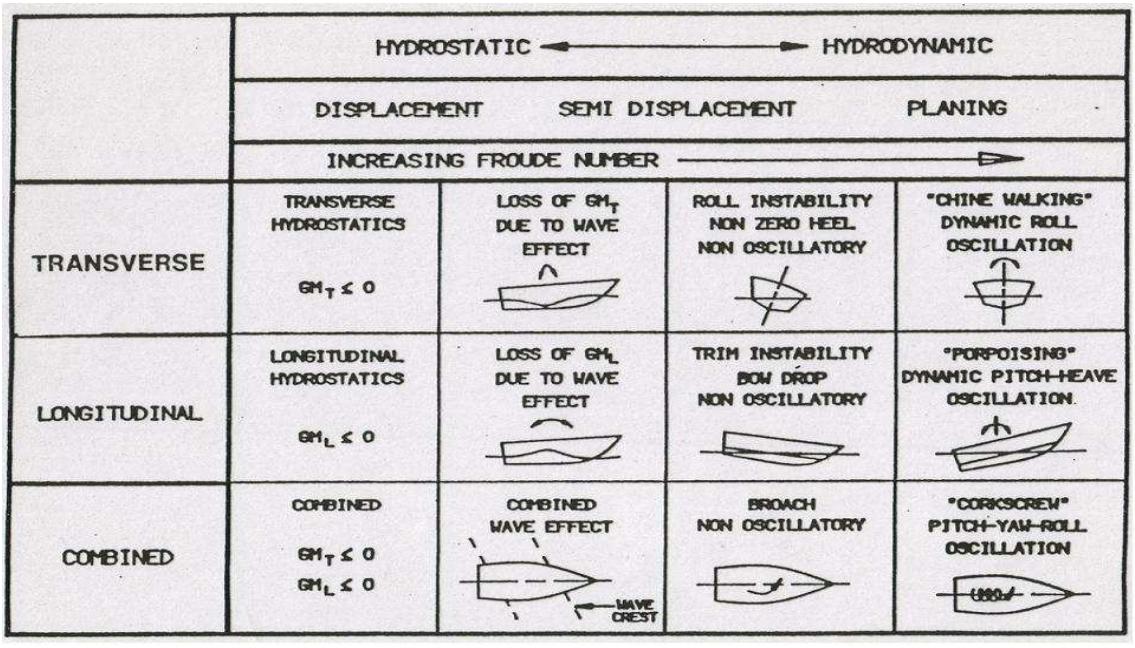


Figura 3: Tipos generales de inestabilidad

Ante la consulta del armador se procedió al análisis del problema. No encontrar una solución hubiera llevado a restringir el servicio que prestaba el buque.

Fundamentalmente se evaluó el coeficiente de carga de barcos de planeo: $A_P/\nabla^{2/3}$ y la separación entre el centro de gravedad del área de planeo A_P y el centro de gravedad longitudinal, siendo estos los parámetros clásicos que permiten posicionar el caso en el gráfico que muestra los distintos casos de inestabilidad dinámica transversal no-oscilatoria para barcos de planeo [1]. Se observan las posiciones del buque antes y después de la reforma propuesta. (Figura 4: Separación LCG-Centroide área entre cantoneras, Figura 5: Botes con y sin estabilidad dinámica, Figura 6: Regiones de estabilidad).

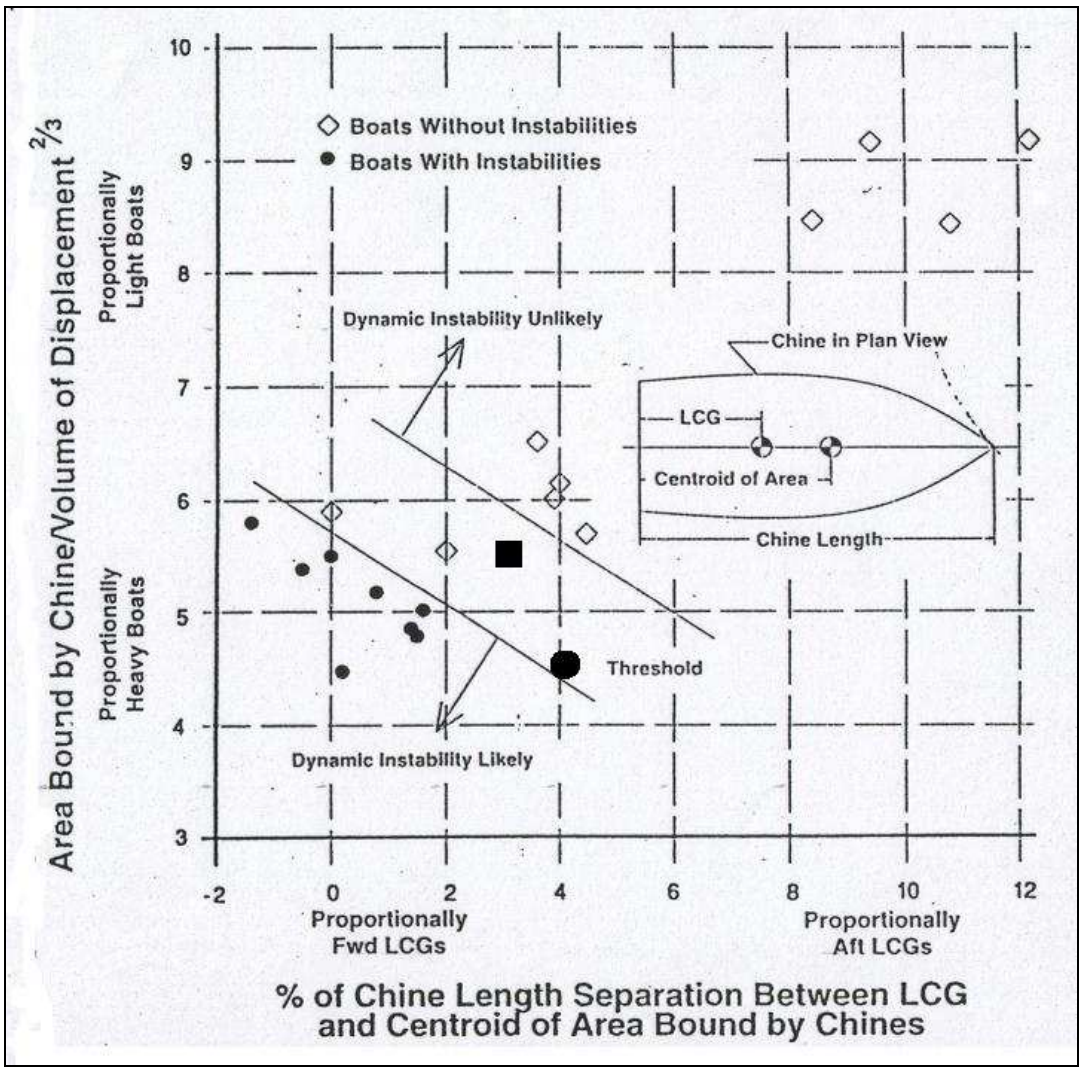


Figura 4: Separación LCG-Centroide área entre cantoneras. ● Original. ■ Modificado

Luego se estudió la performance del buque mediante el método de predicción de Savitsky para embarcaciones de planeo, variando los parámetros del ángulo de astilla muerta (β) y la manga en cantonera (B_{CH}). También se analizó alternativas de desplazamiento y posición

[1] D.L.Blount, L.T.Codega, Dynamic stability of planning boats, Marine Technology, Vol 29, N° 1

longitudinal del centro de carena (C_P - LCG) para las distintas condiciones de carga, incluyendo el caso de llevar carga en la cubierta de popa (Figura 7)

BOAT	L_p/B_{px}	F_n	$A_p/\nabla^{2/3}$	C_Δ	CA_p/L_p %	LCG/L_p %	$\frac{[CA_p - LCG]}{L_p}$ %
BOATS WITH OBSERVED DYNAMIC INSTABILITY							
1	3.58	3.72	4.78	0.524	44.0	42.5	1.5
2	3.31	3.36	5.50	0.353	43.6	43.6	0.0
3	3.57	2.98	5.53	0.397	44.0	40.8	3.1
4	4.21	1.84	4.85	0.538	43.5	42.1	1.4
5	2.99	2.78	5.00	0.339	43.4	41.8	1.6
6	3.03	3.42	5.17	0.337	42.5	41.7	0.8
7	3.24	2.06	4.47	0.457	44.2	44.0	0.2
8	3.14	1.50	5.80	0.249	42.0	43.4	-1.4
9	3.12	2.26	5.38	0.321	44.7	45.2	-0.5
BOATS WITHOUT OBSERVED DYNAMIC INSTABILITY							
A	3.53	3.74	6.15	0.379	43.7	39.6	4.1
B	3.32	3.87	5.55	0.319	42.1	40.1	2.0
C	3.76	3.04	6.52	0.324	42.7	39.1	3.6
D	3.14	1.50	5.90	0.249	43.0	43.0	0.0
E	4.13	4.62	9.16	0.219	41.5	32.1	9.4
F	4.13	4.76	9.18	0.218	41.5	29.3	12.2
G	4.13	4.36	8.43	0.248	41.5	33.1	8.4
H	4.13	3.48	8.43	0.248	41.5	30.7	10.8
I	4.30	6.98	6.01	0.450	37.7	33.8	3.9
J	4.59	2.70	5.70	0.539	43.8	39.5	4.3

Figura 5: Botes con y sin estabilidad dinámica

Como resultado del análisis se recomendó reformar la carena aumentando la manga en cantonera $B_{CH.}$ Se obtuvo un aumento del coeficiente de carga $A_P/\nabla^{2/3}$ y un ángulo de astilla muerta (β) más bajo (Figura 8, Figura 10, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Otro parámetro analizado fue $C_\Delta=\nabla/B_{CH}^3$, que claramente mejoró.

La reforma abarcó tres cuartos de la eslora del casco desde popa resolviendo de manera adecuada la transición con la zona de proa. Se atendió el aspecto estético dándole curvatura inversa (tumblehome) al costado del buque en la zona de popa. En la popa se diseñó una prolongación del fondo a modo de alerón fijo (Figura 11, Figura 12, Figura 13, Figura 13).

En definitiva, resultó una carena más marinera, con mayor estabilidad y susceptible de alcanzar mejores prestaciones debido a la mayor superficie de planeo, cualidades que se confirmaron en la práctica y se pueden constatar en el ámbito donde opera actualmente.

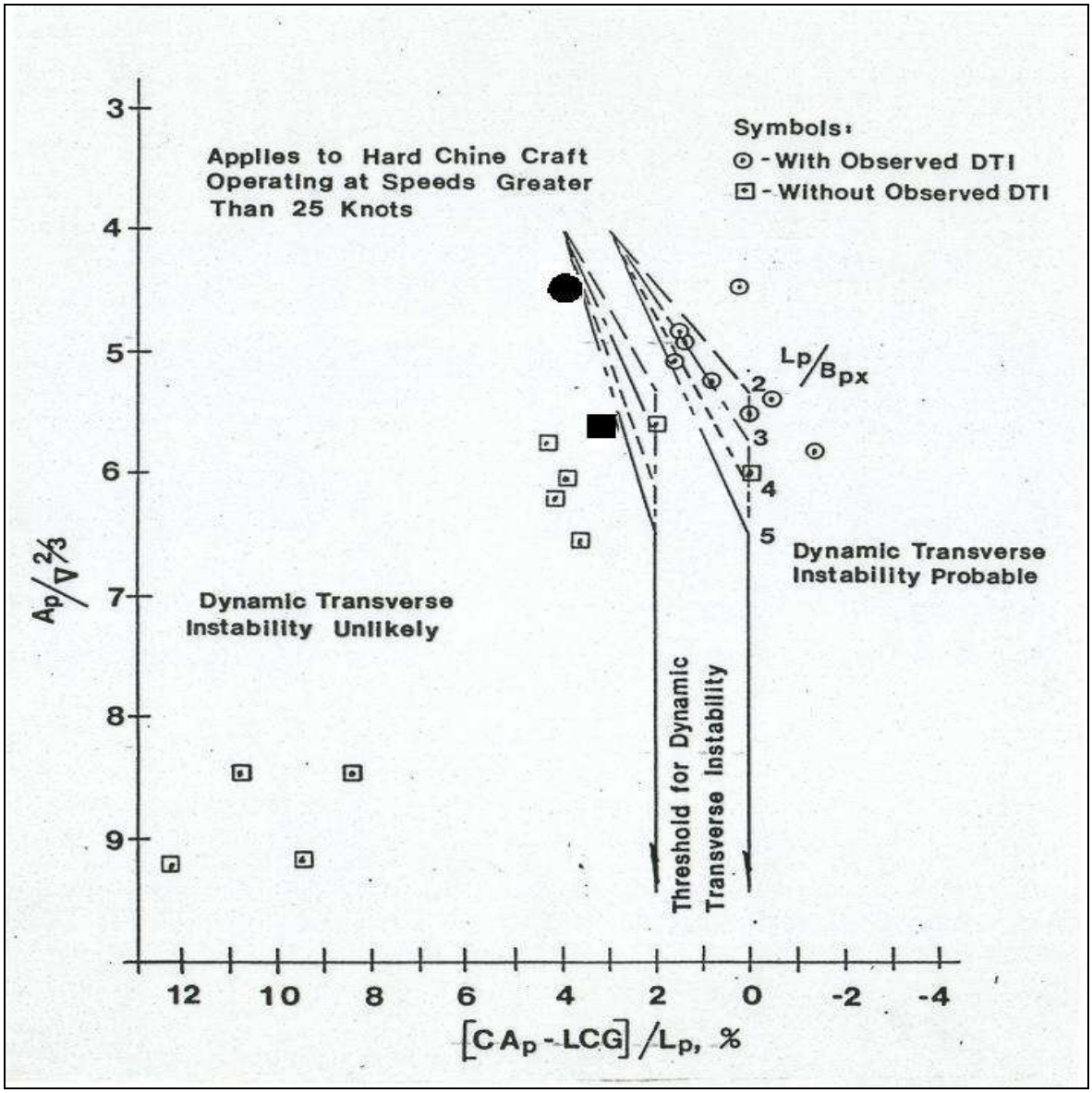


Figura 6: Regiones de estabilidad. ● Original ■ Modificado

Además el buque cuenta con un doble casco, con las ventajas que ello implica en el aspecto de seguridad (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

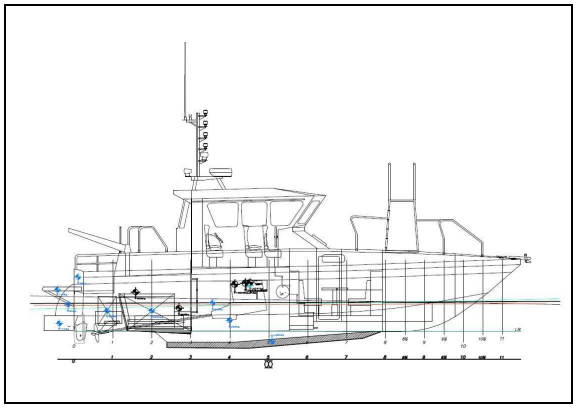


Figura 7

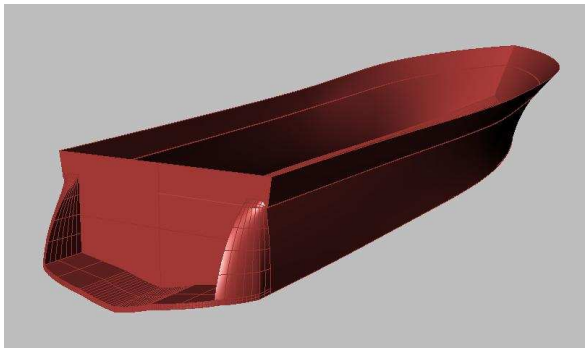


Figura 8



Figura 9



Figura 10



Figura 11



Figura 12



Figura 13



Figura 14



Figura 15

OPTIMIZACION DE LA PERFORMANCE EN LA REFORMA DEL CRUCERO DEPORTIVO A MOTOR 'EDEN ROCK' (2008)

Se describen los análisis que fundamentaron el proyecto de reforma de un barco clásico de madera, de 85 pies de eslora, cuyo casco original anteriormente ya había sido alargado 1.8m en la flotación y la popa sufrido una reforma con el agregado de una amplia plataforma que favoreció su styling y su funcionalidad (Figura 16: Eden Rock).



Figura 16: Eden Rock

El presente caso se trató de una reforma integral de otros aspectos de la embarcación incluyendo el diseño y la construcción de nuevos interiores, la re-motorización y consiguiente replanteo global de la sala de máquinas y la reforma de la estructura obedeciendo a los cambios de los ítems mencionados (Figura 17, Figura 18, Figura 19, Figura 20: Estructura modificada).

Se reemplazó los motores originales de 800 CV cada uno con otros de 1100 CV cada uno. Este cambio obligó a reordenar los equipos de la sala de máquinas.

El replanteo de interiores, a pedido del armador, implicaba eliminar mamparos transversales y longitudinales en la zona central del barco que debían ser reemplazados por otro tipo de estructuras. También se instalaron comodidades a popa, para la tripulación, en un espacio que antes pertenecía a la sala de máquinas. Todo esto implicaba un cambio sustancial en la distribución de pesos.

La estructura fue reformada para cumplir con las normas del Registro Italiano Naval para embarcaciones menores de madera. Se utilizaron estructuras de madera maciza en los refuerzos longitudinales y estructuras mixtas de madera maciza y aluminio en los elementos transversales (anillos bulárcamas).

Era imperativo, antes de realizar las reformas, analizar la distribución longitudinal de pesos resultante, determinar el nuevo desplazamiento y en base a ello predecir las prestaciones finales del barco. Sin duda se trataba de un caso de análisis en el que la solución modificaba las condiciones del problema y los resultados finales debían ser re calculados.



Figura 17



Figura 18

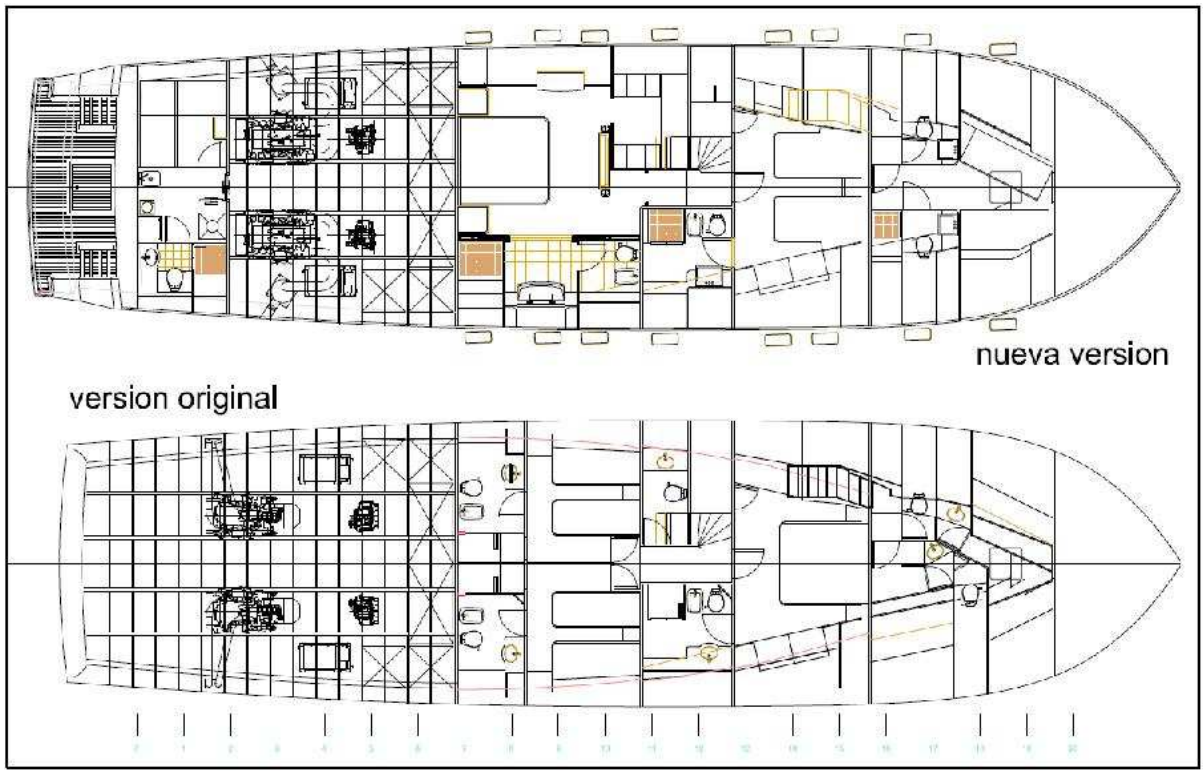


Figura 19

La determinación de la posición adecuada del Centro de Gravedad se realizó mediante ensayos de un modelo a escala una vez que el desplazamiento del barco luego de las reformas estuviera determinado con razonable aproximación. Se describe a continuación la evolución de los ensayos y sus resultados.

CARENA

La carena del Eden Rock corresponde a un casco de semi-planeo, con una sola arista y secciones transversales rectas en el fondo. Posee un skeg en la quilla de poca profundidad que le confiere suficiente estabilidad de ruta. También posee un deflector longitudinal a cada banda siguiendo la curvatura de la arista que abarca un cuarto de la eslora en proa.

El casco fue relevado ya que no se contaba inicialmente con el plano de líneas original (Figura 21)

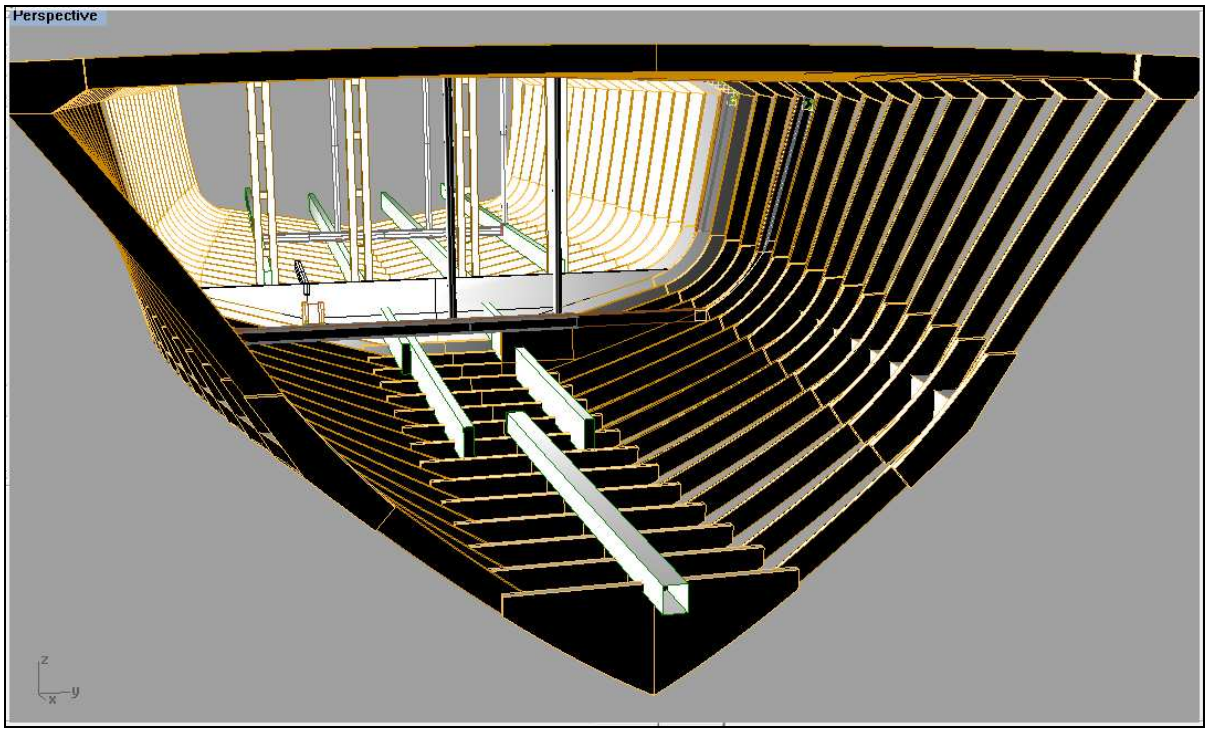


Figura 20: Estructura modificada

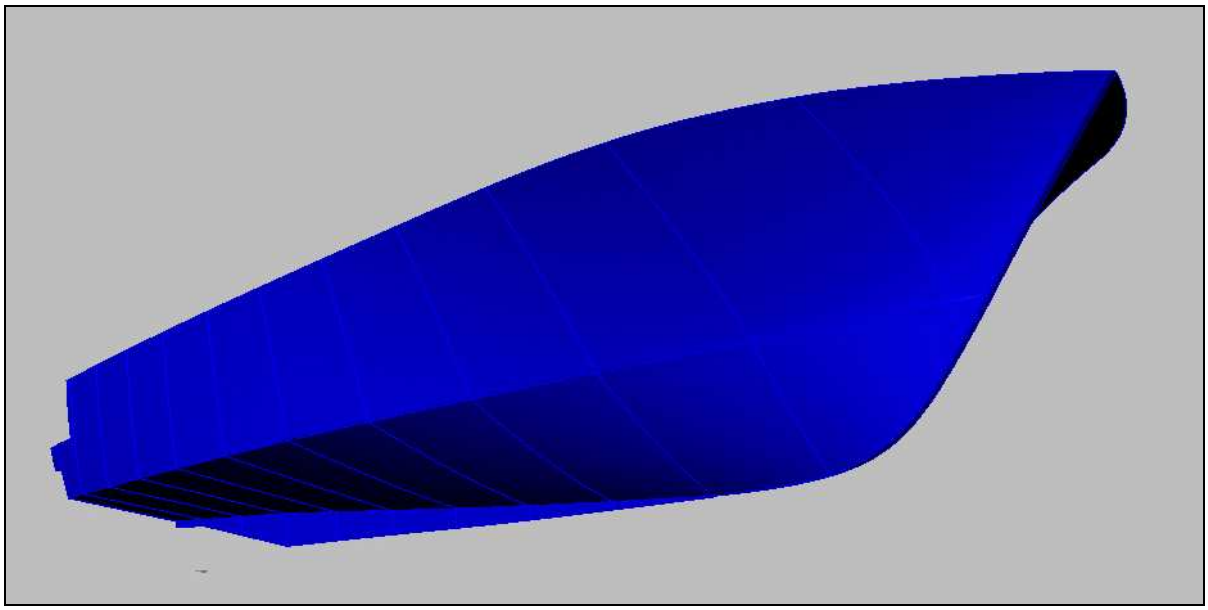


Figura 21

PROPULSION

Se llevó a cabo un análisis preliminar de la resistencia al avance por el método de Mercier-Savitsky para cascos de semi-planeo a fin de evaluar la velocidad alcanzable con el cambio de motorización.

En general, para los autores, este método no siempre refleja el desempeño real de la carena en valores de F_V entre 1.45 y 1.90 sino que ha sido detectado en casos de otros barcos en los que

nos tocó actuar. Los resultados, comparados con los ensayos de modelo a escala que se realizaron a posteriori, verifican esta observación.

En nuestra opinión la diferencia puede deberse a que los casos analizados se refieren a carenas con una sola arista o con arista interna y externa, mientras que el método de Mercier-Savitsky se basa en ensayos de modelos que en el 90% tienen pantoque redondeado. Solo la serie 62, que completa el 10% restante de datos del método exhibe arista en el pantoque.

Una propuesta vertida a raíz de esta observación sería corregir la curva del método de Mercier en el mencionado rango de F_∇.

A continuación se llevaron a cabo las pruebas de un modelo a escala de la embarcación en el Canal de Experiencias de Arquitectura Naval de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (Figura 22, Figura 23, Figura 24).

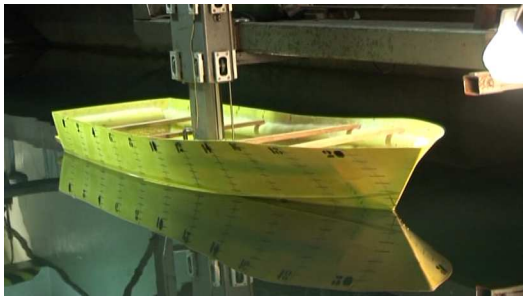


Figura 22

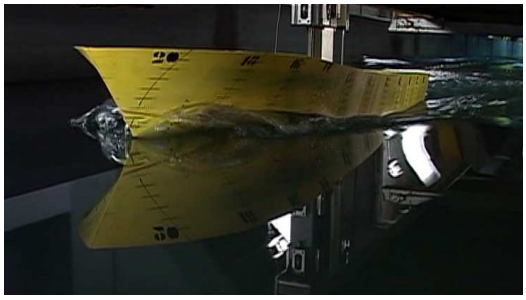


Figura 23



Figura 24

Se realizaron mediciones con un desplazamiento del buque de 66.150 [t] variando la posición longitudinal del centro de gravedad (LCG) en incrementos de 0.7% de LWL respecto a la condición original. Se ensayaron dos posiciones a popa y dos a proa, una de ellas con el aditamento de un flap fijo (Figura 25).

De los ensayos se obtuvieron datos del ángulo de asiento, del hundimiento del casco, de la resistencia al avance y de la potencia efectiva de remolque para cada condición.

Estos dos últimos se resumieron en gráficos comparativos cuyo análisis permitió obtener las conclusiones que siguen.

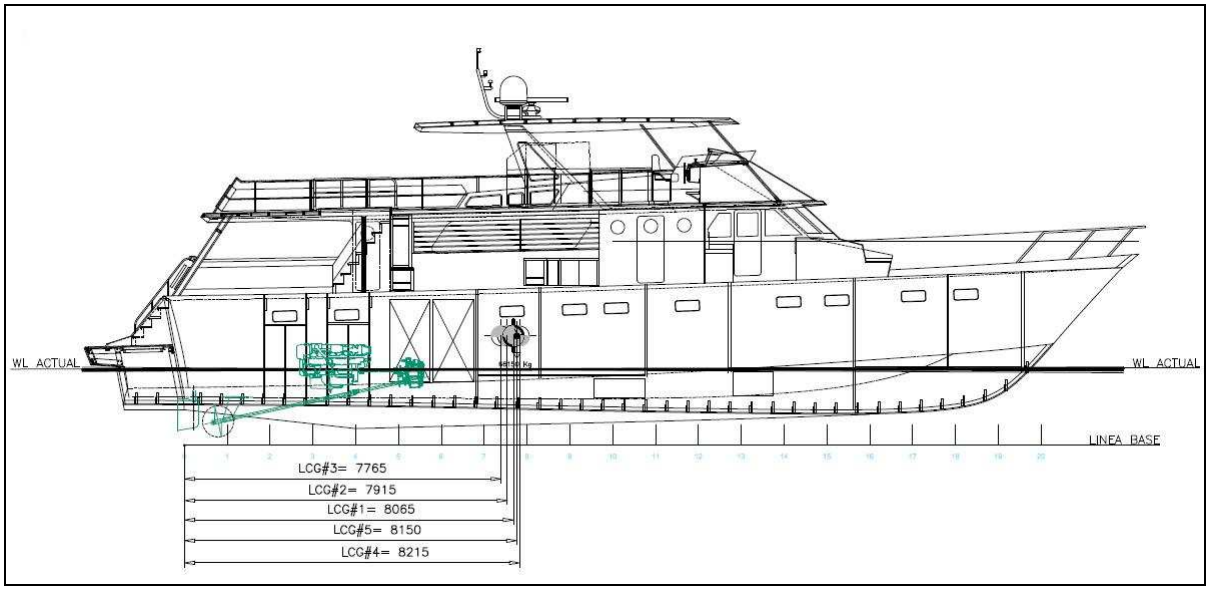


Figura 25

Se puede apreciar que todas las curvas evidencian un primer hump alrededor de los 17 nudos, que corresponde a un valor del coeficiente de F_∇ de 1.4 (dentro del rango de semi-planeo).

A raíz de esto se recomendó que la velocidad de crucero se establezca antes o después de los 17 nudos, es decir por debajo y hasta los 16 nudos en un caso, o a partir de los 18 nudos en adelante en el otro.

Las distintas curvas para cada valor de LCG a proa y a popa de la condición original indican que la posición del centro de gravedad más favorable es a proa de la posición actual. La medición del asiento mostró cierta inestabilidad en coincidencia con las pequeñas variaciones de la resistencia. Se estableció un valor de LCG óptimo del 43.7%L de LWL, sobre el que se basó la propuesta para la reforma de la sala de máquinas, que resultó en la práctica ser la variable más flexible para adecuar el LCG al valor establecido.

CONDICIONES DE ENSAYO

Se ensayaron 5 condiciones manteniendo el desplazamiento constante, variando la posición longitudinal del centro de gravedad (LCG) (Figura 26). El desplazamiento elegido es el correspondiente al barco con la reforma de interiores y de motorización.

- La primer condición ensayada conserva la misma distribución de pesos del barco antes de la reforma, es decir se mantuvo el LCG actual en 8065mm desde la referencia (0,0).

- Las condiciones #2 y #3 reflejan corrimientos de 150mm del LCG a popa, resultando valores de 7915mm y 7765mm respectivamente de la referencia (0,0).

- La condición #4 implica un corrimiento de 150mm del LCG a proa de la condición #1, quedando a 8215mm de la referencia (0,0).

- Finalmente se ensayo la condición #5 en la cual se agrego una cuña transversal al fondo del casco a todo su ancho de 2.25º, con una profundidad de 95mm en el espejo disminuyendo a 0 a una distancia de 2100mm del mismo.

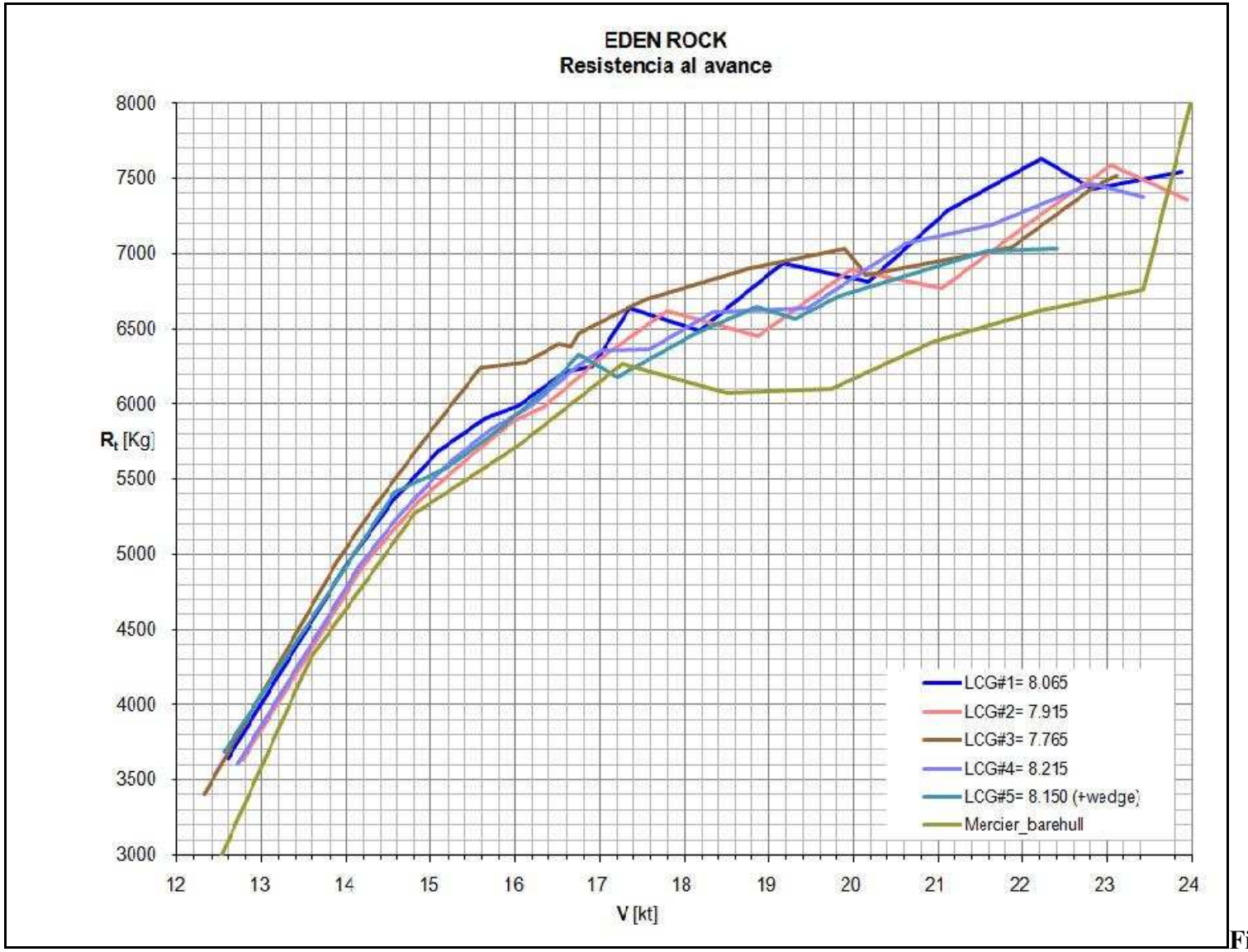

EDEN ROCK
Resistencia al avance
8000
7500
7000
6500
6000
R_t [Kg]
5500
5000
4500
4000
3500
3000
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
V [kt]
LCG#1= 8.065
LCG#2= 7.915
LCG#3= 7.765
LCG#4= 8.215
LCG#5= 8.150 (+wedge)
Mercier_barehull

Figura 26

Optimización estructural de patrulleras de apoyo fluvial. Caso de estudio: PAFL

Roberto Omar Morante Villareal
rmorante@cotecmar.com

Germán Andrés Méndez Algarra
gmendez@cotecmar.com

Departamento de Estructuras y Materiales, COTECMAR
Km. 9 Vía a Mamonal. Cartagena de Indias, Colombia.
www.cotecmar.com

Resumen

Debido al continuo desarrollo de patrulleras navales de altas exigencias en COTECMAR para satisfacer las necesidades de la Armada Nacional de Colombia (ARC), ha sido necesario el desarrollo de proyectos de investigación alrededor de los diseños propuestos para lograr desempeños mayores que las generaciones antecesoras. Este fue el caso de una patrullera de apoyo fluvial liviana cuyo requerimiento inicial fue la navegación en ríos de poco calado, 0.75 m, incluso menores a los navegables por las patrulleras anteriores, 1.3 m. Por ello, la conjugación de formas del casco y escantillones de construcción fueron el resultado de la exploración de alternativas de solución para dichos requerimientos. Sabiendo que la estructura de dichas embarcaciones obedeció a reglas de clasificación con altos factores de seguridad, se logró que la optimización estructural converja a escantillones de menor medida con reducciones de peso entre 4,51 y 18,24 %. Para ello se emplearon algoritmos duales de optimización definiendo una función objetivo con parámetros de peso, costo de materiales y costos de mano de obra de las estructuras basadas en índices de producción de COTECMAR. El problema de optimización consistió en partición de regiones típicas de escantillonado, o módulos, conectados entre sí y generando a la vez problemas de optimización más pequeños pero en mayor número, en donde la cantidad de variables se redujo. Esto resultó en dos niveles de optimización de la estructura: uno para cada grupo típico de elementos (lámina, cuadernas, vagras y refuerzos longitudinales) y otro para el módulo. Se aplicaron condiciones de frontera en los módulos, restricciones mínimas de fabricación para espesores y restricciones operativas; para que luego de un análisis de fallas en cada ciclo se obtuviera un escantillonado diferente, dando lugar al siguiente ciclo de optimización.

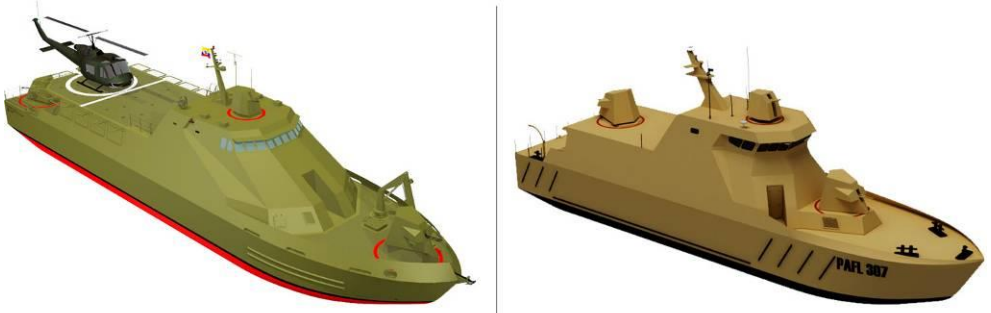
Abstract

Given the continuous development of high performance riverine patrol vessels in COTECMAR for fulfilling the Colombian Navy needs, several research projects supporting the design process in order to improve the performance of the ships have been implemented. For the Light Riverine Patrol Vessel – PAFL, the major requirement was a draught of 0.75 m, clearly less than the specified one for the previous series of patrol vessels with 1.3 m. Consequently, an exploration for the correct hull form and scantlings combination gave an initial solution to satisfy the requirements. Since this initial design was carried out following classification society rules with higher safety factors, the structural optimization showed in this work allowed to reduce the steel weight between 4.51 and 18.24 %. Dual level optimization algorithms with weight and cost as objective functions were employed. A full ship model for loads definition of and boundary conditions, and a single module model of the ship, both of them developed in the MAESTRO software, were used in the optimization process. Strength, operational and shipyard's construction standards constraints were considered in the optimization problem.

Palabras claves: Patrullera de Apoyo fluvial (PAF), Patrullera de Apoyo Fluvial Liviana (PAFL), Armada de Colombia (ARC), optimización estructural, función objetivo.

1. Introducción

Actualmente en COTECMAR, la continua demanda de embarcaciones militares con mayores niveles de desempeño obliga a la creación de grupos de investigación para la exploración de nuevas alternativas de solución y en otros casos para la variación de los productos actuales. Esto puede notarse en las recientes exigencias de ARC respecto a las capacidades de navegación de las patrulleras en ríos de calados cada vez menores, al comparar requerimientos de diseño para las patrulleras de hace unos años (PAF) con los actuales (PAFL), Figura 1.



PAF

Eslora Total (LOA)	40.3 m
Manga (B)	9.5 m
Puntal (D)	3.10 m
Calado (d)	1.26 m
Desplazamiento (Δ)	373 ton (aprox.)
Velocidad máxima en aguas profundas e interiores	9.0 nudos
Capacidad combustible diesel	8602 gal
Capacidad combustible gasolina	5580 gal
Capacidad combustible aviación	2000 gal
Capacidad agua potable	5890 gal

PAFL

Eslora Total (LOA)	30.0 m
Manga (B)	7.0 m
Puntal (D)	3.10 m
Calado (d)	0.75 m
Desplazamiento (Δ)	116 ton (aprox.)
Velocidad en aguas profundas	± 9.00 nudos
Velocidad en aguas someras	± 6.00 nudos
Capacidad combustible diesel	3500 gal
Capacidad combustible gasolina	1400 gal
Capacidad agua potable	1000 gal

Figura 1. Características principales de los buques PAF [2] y PAFL [3].

Por otra parte, dichos requerimientos están sujetos a diversas restricciones como lo son el acceso a canales de navegación, carga útil y hasta las mismas capacidades combativas, lo que conduce a tener cada vez menos grados de libertad en la modificación de las formas del casco y mantener patrones de formas similares a las embarcaciones antecesoras. Sin embargo a pesar de la poca libertad para modificar las formas en las nuevas patrulleras (PAFL), durante las primeras vueltas a la espiral de diseño, estas fueron modificadas ligeramente. En seguida la optimización estructural se hizo necesaria para cumplir los requerimientos de carga útil y dotación, partiendo de los escantillones dimensionados por reglas clasificadoras, ya que una PAFL dimensionada por la misma regla usada en generaciones anteriores (PAF) resultaba en un peso de la estructura de 76.86 ton lo cual alejaba el cumplimiento de los requerimientos.

Sabiendo entonces que la motivación principal para la optimización estructural nació de las exigencias de los requerimientos de esta nueva generación de patrulleras, se empezó con el análisis de dos niveles de optimización: el nivel de modulo o bloque, para el cual las variables de diseño son las áreas seccionales del conjunto formado por todas las tracas y sus escantillones en la viga buque, y el nivel de traca compuesto por los escantillones de la lámina misma, sus cuadernas y vagras interiores, y sus refuerzos longitudinales. Cada ciclo de optimización en cada nivel comprendió la evaluación de todos los componentes dentro del módulo y las consecuentes soluciones al problema de optimización cuyo máximo número de ciclos se estimó mediante un análisis de convergencia. En cada iteración se evaluaron

esfuerzos resultantes de la interacción fluido estructura para distintos modos de falla como los mostrados en la Tabla 1 y los factores de idoneidad para cada condición de carga [4].

Tabla 1. Modos de falla evaluados en la optimización estructural.

PCSF	Colapso del panel por flexión en el refuerzo
PCCB	Colapso del panel por pandeo combinado
PCMY	Colapso del panel por fluencia de la lámina
PCSB	Colapso del panel con pandeo por flexión/torsión del refuerzo
PYTF	Fluencia del panel por tensión en el ala
PYTP	Fluencia del panel por tensión en la lámina
PYCF	Fluencia del panel por compresión en el ala
PYCP	Fluencia del panel por compresión en la lámina
PSPBT	Funcionalidad del panel por flexión de lámina (transversal)
PSPBL	Funcionalidad del panel por flexión de lámina (longitudinal)
PFLB	Falla del panel por pandeo local
GCT	Colapso de eslora longitudinal por pandeo local
GCCF	Colapso de eslora longitudinal por compresión en el ala
GCCP	Colapso de eslora longitudinal por compresión en la lámina
GYCF	Fluencia de eslora longitudinal por compresión en el ala
GYCP	Fluencia de eslora longitudinal por compresión en la lámina
GYTF	Fluencia de eslora longitudinal por tensión en el ala
GYTP	Fluencia de eslora longitudinal por tensión en la lámina
FCPH	Colapso de cuaderna, falla plástica local
FYCF	Fluencia en cuaderna, compresión en el ala
FYTF	Fluencia en cuaderna, tensión en el ala
FYCP	Fluencia en cuaderna, compresión en la lámina
FYTP	Fluencia en cuaderna, tensión en la lámina

Para esto, la optimización se realizó evaluando una función de mérito que contempla peso de la estructura y costo de la misma o cualquier combinación de estas dos variables. Una función de este tipo apunta parcialmente a máxima rentabilidad, mínimo costo de inversión y máximo ingreso operativo; tomando el primero para este trabajo sería una combinación de costos de materiales y mano de obra (volumen y longitud combinada de piezas a fabricar). El algoritmo empleado aquí usa factores de costo tales como

- costo por unidad de volumen de paneles reforzados,
- costo por unidad de longitud de refuerzos en paneles,
- costo por unidad de volumen para cuadernas y vagras y
- costo por unidad de longitud de de cuadernas y vagras;

Y que para efectos ilustrativos se asumirán como USD 30,528/m^3 y USD 236,00/m para costos por volumen y costos por unidad de longitud respectivamente, teniendo en cuenta que lo importante es la relación entre estos dos factores.

2. Modelo estructural

Para realizar la optimización estructural del buque patrullero fluvial, se implementó un modelo de la embarcación completa en MAESTRO[1] con los escantillones obtenidos de las normas ABS para embarcaciones fluviales [6] y con la permutación de piezas estructurales con aceros balísticos para alcanzar un peso inicial menor al dimensionado totalmente con ABS [1]. El objetivo de este modelo fue obtener valores precisos de momento flector y fuerza cortante como condiciones de frontera para cada módulo de la estructura. Sobre el modelo del buque completo, Figura 2, se aplicaron cuatro condiciones de carga: el peso en rosca de la embarcación y tres condiciones de operación con diferentes niveles de consumibles. Teniendo en cuenta que se trató de una embarcación para operación fluvial, en todas las condiciones de carga se consideró un estado de aguas tranquilas. La composición del peso en rosca del buque usando grupos constructivos SWBS [7] se muestra en la
Tabla 2 y los cuatro casos de carga analizados se resumen en la
Tabla 3.

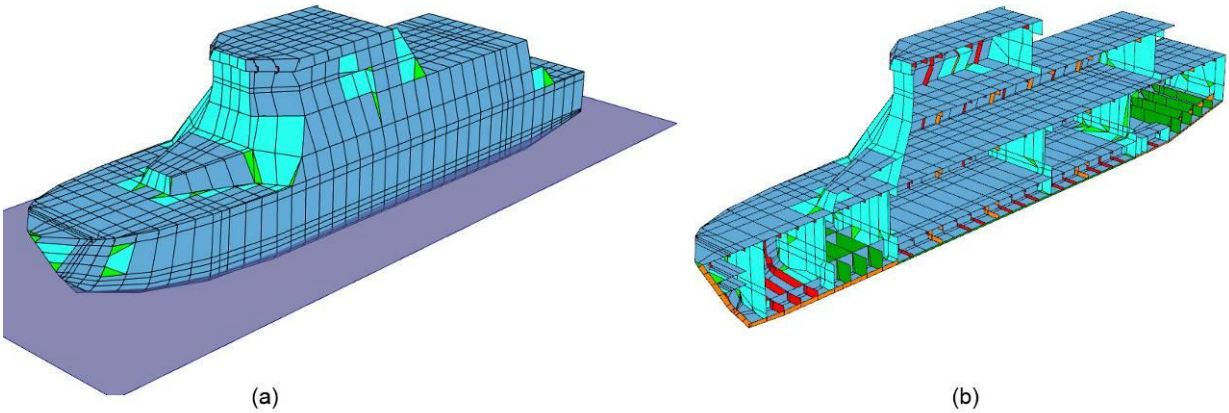


Figura 2. Modelo estructural de la PAFL: (a) en aguas tranquilas y (b) estructura interna del buque.

Tabla 2. Componentes del peso en rosca.

[1] Method for Analysis, Evaluation and Structural Optimization. Optimum Structural Design, Inc.

SWBS	Descripción	%	Peso (ton)
100	Estructura de casco y superestructura	63.2	65.8
200	Planta propulsora	7.4	7.7
300	Planta eléctrica	5.1	5.3
400	Comunicación	0.5	0.5
500	Servicios auxiliares	7.1	7.4
600	Equipo y habitabilidad	10.6	11.0
700	Armamento	6.1	6.4
	TOTAL	**100**	**104.1**

Tabla 3. Resumen de las condiciones de carga incluidas en el análisis.

No.	Condición	Peso rosca (ton)	Peso Muerto (ton)	TOTAL (ton)
1	Buque en rosca	104.1	0.0	104.1
2	Mínima operativa	104.1	13.0	117.1
3	Óptima	104.1	19.5	123.6
4	Máxima carga	104.1	26.9	131

Con la aplicación de estas cargas a lo largo del buque se realizó el balanceo del mismo en aguas tranquilas para obtener la distribución de fuerza cortante y momento flector para cada una de ellas, la Figura 3 muestra a modo de ejemplo los resultados para la condición de carga 4.

Una vez calculadas las respuestas de las cargas aplicadas en el modelo completo del buque, se procedió a realizar la optimización de los escantillones por módulos. En este trabajo se muestra el proceso para un módulo de la sección media del buque ubicado entre dos mamparos con cinco cuadernas intermedias, que se muestra en la Figura 4. Las condiciones de frontera para dicho módulo, consistentes en fuerzas cortantes y momentos flectores en los extremos del segmento, fueron obtenidas del anterior análisis de respuesta del buque completo para cada una de las condiciones de carga.

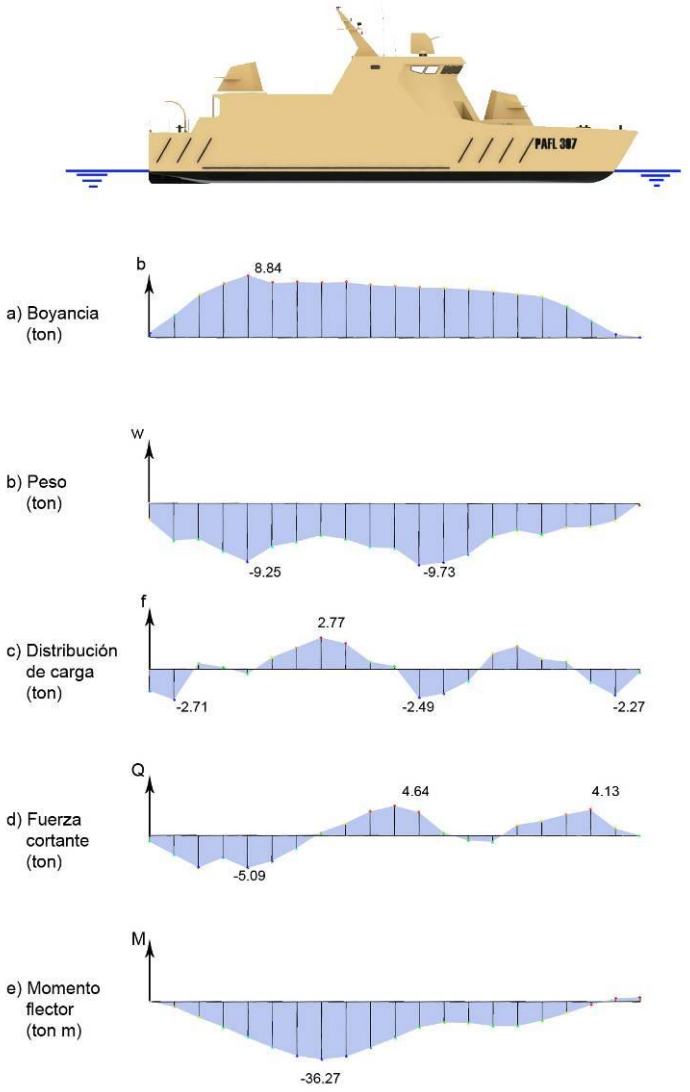


Figura 3. Resumen de distribución de cargas y respuestas en la viga buque para la condición de carga máxima.

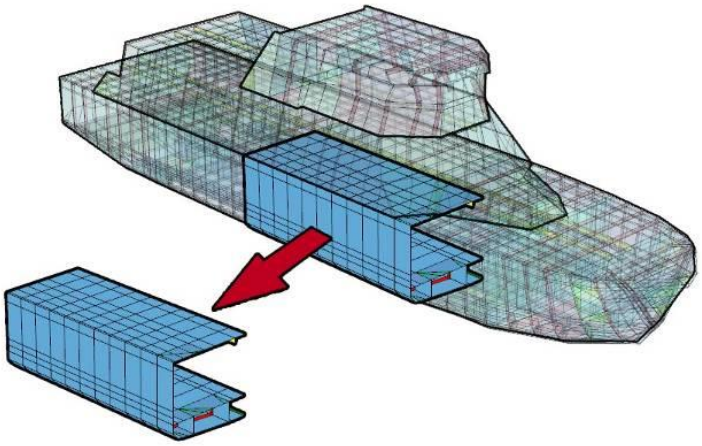


Figura 4. Módulo del cuerpo medio del buque.

3. Problema de optimización

Como se comentó al inicio, la estructura óptima del buque deberá tener mínimo peso y mínimo costo dentro de las restricciones establecidas. Esta condición puede plantearse como un problema global de optimización multi-objetivo, que se expresa como:

$$\min_{\vec{x}} \quad F(\vec{x}) = \omega \frac{W(\vec{x})}{W_0} + (1-\omega)\frac{C(\vec{x})}{C_0} \tag{1}$$

donde $W(\vec{x})$ y $C(\vec{x})$ son respectivamente el peso y costo de la estructura en función del vector de variables de diseño $\vec{x}$; ω es un coeficiente de ponderación que determina la importancia relativa entre las funciones de peso y costo; W_0 y C_0 son valores de peso y costo de referencia para la estructura que se analiza (en este caso se utilizan el peso y costo del módulo diseñado utilizando ecuaciones de casa clasificadora como valores de referencia).

La evaluación de la función de costo se realizó en MAESTRO que utiliza una expresión basada en el escantillonado dada por

$$C(\vec{x}) = \sum (C_{sp} + C_g + C_f) \tag{2}$$

donde C_{sp}, C_g y C_f son los costos del panel reforzado, eslora longitudinal y cuadernas respectivamente [5]. En la definición de estas funciones se incluyeron los coeficientes que corresponden a los costos volumétricos y lineales de paneles reforzados y vigas armadas citados anteriormente. Estos coeficientes dependen del astillero constructor y se calcularon para COTECMAR con base en la información de fabricación de las Patrulleras de Apoyo Fluvial (PAF).

El vector de variables de diseño para el problema de optimización se compone de las variables que definen el arreglo estructural del módulo que incluye los espesores de lámina en el forro, las cubiertas y mamparos; las dimensiones y espesores de las vigas (cuadernas, eslora y refuerzos longitudinales) y la distancia entre refuerzos en las diferentes zonas del arreglo. En la Figura 5 se muestra un ejemplo de las variables de diseño asociadas a la eslora longitudinal y el espaciamiento entre refuerzos longitudinales utilizando las abreviaturas empleadas en MAESTRO.

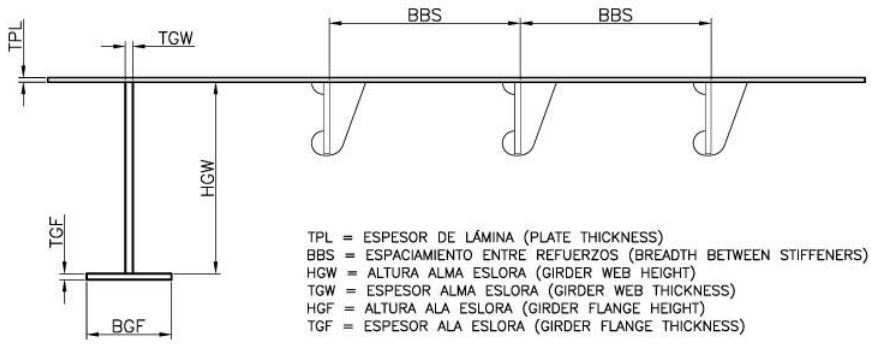


Figura 5. Ejemplo de variables de diseño utilizadas en la optimización.

Para completar la definición del problema de optimización se identificaron las restricciones que se deben satisfacer en el diseño. Las restricciones al problema de optimización pueden clasificarse en dos grupos: aquellas relacionadas con la resistencia estructural y por otra parte las relacionadas a requerimientos de fabricación y operación del buque.

Restricciones de resistencia

En el proceso de optimización del módulo estructural en MAESTRO, se aplican automáticamente las restricciones de esfuerzo asociadas a los estados límites que maneja el programa. Estas restricciones son de la forma:

$$\gamma_0 \hat{Q}_c(\vec{x}) \leq Q_L(\vec{x}) \tag{3}$$

donde $\hat{Q}_c$ es el valor extremo característico de las cargas o efectos de cargas asociadas a un estado límite, Q_L es el valor límite para que ocurra el estado límite y γ_0 es un factor parcial de seguridad para dicha carga y un modo especifico de falla. Los factores de seguridad empleados en este trabajo fueron de 1.5 para falla de funcionalidad y 1.8 contra falla por colapso para todos los estados límite.

MAESTRO utiliza los denominados parámetros de idoneidad (adequacy parameters) para normalizar las expresiones de todos los estados límites. La expresión del factor de idoneidad para un modo de falla está dada por

$$g(\vec{x}) = \frac{1 - \gamma_0 \frac{\hat{Q}_c(\vec{x})}{Q_L(\vec{x})}}{1 + \gamma_0 \frac{\hat{Q}_c(\vec{x})}{Q_L(\vec{x})}} \tag{4}$$

De esta manera los factores de idoneidad toman valores entre -1 y 1. Valores menores que cero son considerados inadecuados y tienen mayores posibilidades de falla a medida que se acercan a -1; cuando el parámetro es cero significa que la estructura tiene exactamente el factor de seguridad dado por γ_O para un modo de falla en particular. Usando estos factores, las restricciones de resistencia para el problema de optimización son de la forma

$$g(\vec{x}) \geq 0 \tag{5}$$

Restricciones de fabricación y operación

En este conjunto se incluyeron las restricciones al diseño asociadas a los procesos de fabricación y requerimientos de operación especificados por el cliente. En cuanto a fabricación se aplicaron límites inferiores y superiores para las variables de diseño, originados en las capacidades de soldadura para espesores pequeños, disponibilidad de perfiles estructurales en el mercado y factores humanos en el diseño del buque. También se incluyeron recomendaciones de diseño estructural tomadas de normas de casas clasificadoras, por ejemplo relaciones entre la altura del alma de las cuadernas y la altura de los refuerzos pasantes a través de la misma.

En cuanto a restricciones por operatividad, se consideraron límites obtenidos de la experiencia del cliente y del perfil operacional definido para el buque como espesores mínimos para la traca de quilla teniendo en cuenta la eventualidad de impactos o encallamientos. Igualmente en zonas específicas de la PAFL se requiere protección balística por lo que el espesor mínimo está restringido por requerimientos de resistencia a la penetración de proyectiles, para este caso 4,75mm. A pesar de la amplia gama de factores que abarcan estas restricciones, su planteamiento como parte del problema de optimización fue sencillo teniendo en cuenta que todas pueden expresarse como desigualdades lineales. Así, este conjunto de restricciones pudo definirse de la forma

$$\tilde{\tilde{A}}\vec{x} \leq \vec{b} \tag{6}$$

donde $\tilde{\tilde{A}}$ es una matriz con coeficientes y $\vec{b}$ es un vector de constantes en donde cada fila correspondió a una restricción lineal de desigualdad. Teniendo en cuenta que el principal requerimiento del cliente fue minimizar el calado de la PAFL, se le dio mayor importancia al

peso en la función objetivo mediante un coeficiente de ponderación de 0,7. Por lo tanto el problema de optimización que se resolvió estuvo dado por:

$$\begin{aligned} \min_{\vec{x}} \quad & F(\vec{x}) = 0.7\frac{W(\vec{x})}{W_0} + 0.3\frac{C(\vec{x})}{C_0} \\ \text{sujeto a} \quad & g(\vec{x}) \geq 0 \\ & \tilde{\tilde{A}}\vec{x} \leq \vec{b} \end{aligned} \tag{7}$$

4. Resultados

El comportamiento de las respuestas evaluadas, es decir peso, costo y función objetivo, para cada ciclo de optimización se muestra en la Figura 6. Los resultados arrojados debieron ser ajustados para que los espesores encontrados coincidan con valores empleados en COTECMAR. El algoritmo también optimiza por separado cada traca de paneles modelada en caso de entregar propiedades diferentes que resulten en una fabricación poco viable. Por lo tanto un paso adicional en el proceso fue homogenizar los resultados obtenidos teniendo en cuenta el proceso de fabricación. Las pruebas realizadas durante el desarrollo de este trabajo mostraron que para el módulo presentado se obtendría convergencia entre seis y ocho ciclos de optimización.

En este trabajo se optó por realizar esta homogenización teniendo en cuenta la estrategia constructiva definida para el módulo, por lo que el escantillonado se asumió constante para cada traca del mismo, el cual se muestra en la Figura 7. Igualmente se verificó que el espaciamiento entre refuerzos longitudinales en las diferentes zonas del módulo permitiera mantener la continuidad estructural del arreglo.

En la Tabla 4 se muestra la comparación de las propiedades iniciales y las resultantes para cada traca. Estos resultados fueron introducidos en el modelo con el fin de verificar el comportamiento del módulo frente a los diferentes modos de falla. En la Figura 8 se muestran los mínimos valores de idoneidad para cada elemento en donde se encontraron valores inferiores pero suficientemente cercanos a cero para ser considerados marginales.

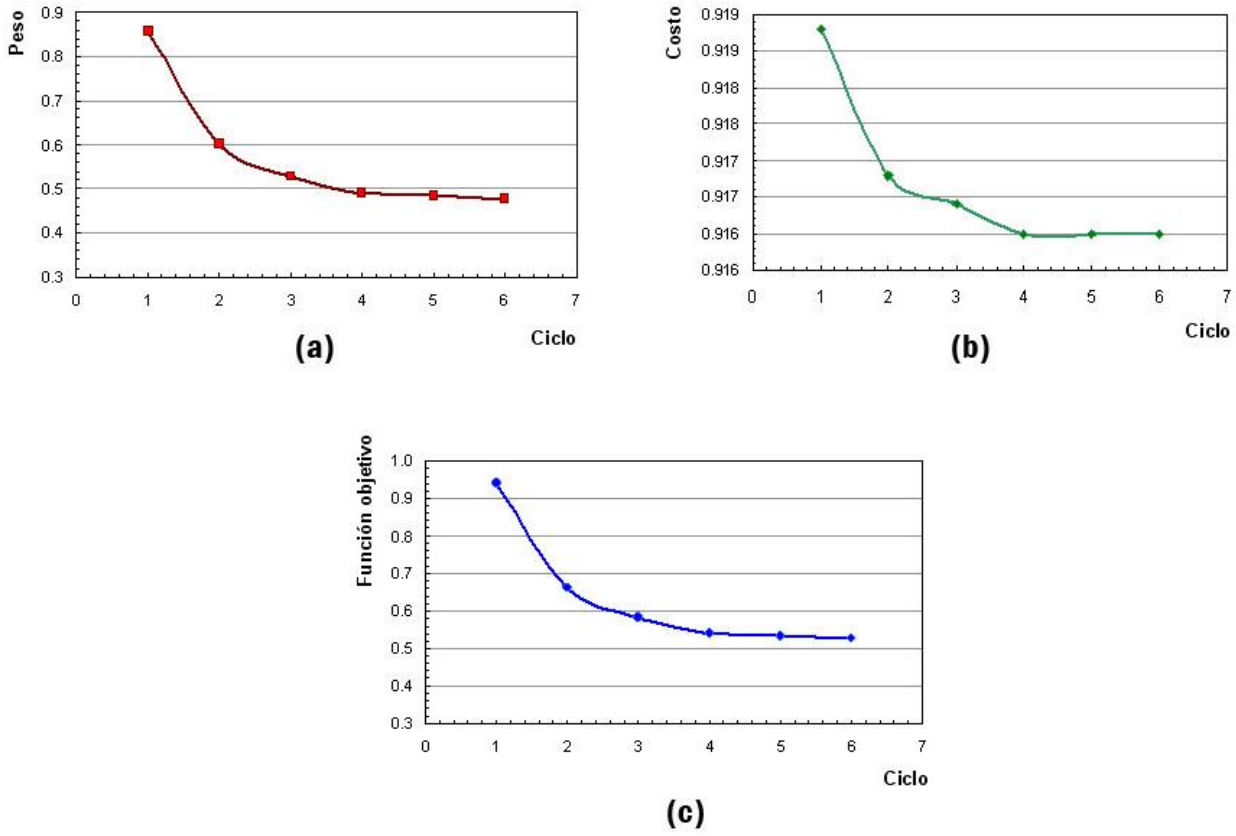


Figura 6. Ciclos de optimización versus: a) peso, b) costo y c) función objetivo.

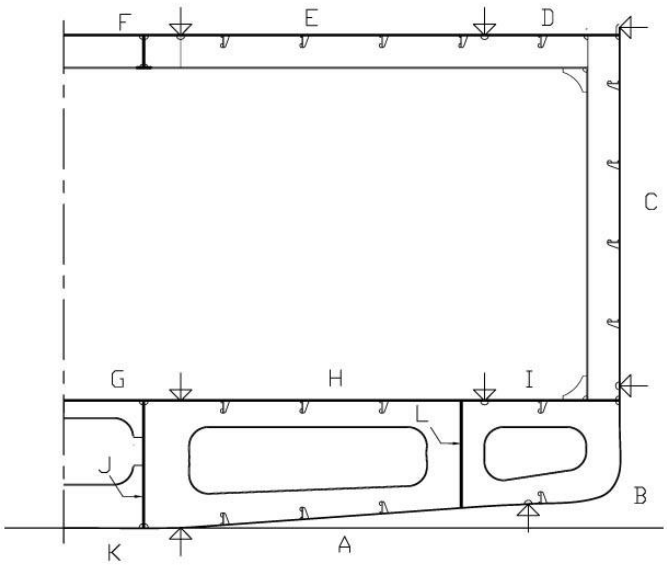


Figura 7. División por tracas del módulo.

En la Figura 9 se muestra un diagrama de frecuencias de los valores de todos los factores de idoneidad en donde el mínimo fue de -0.008 para falla por colapso de columna en una de las

cuadernas de la traca C. La reducción de peso estructural del módulo con el proceso de optimización fue del 9.695 %

Para evaluar el impacto del proceso de optimización en el desempeño del buque se extendieron los resultados obtenidos a los demás módulos y se evaluó la respuesta de la estructura completa, teniendo en cuenta que el modulo seleccionado fue el que tuvo las condiciones de carga más críticas, Los módulos correspondientes a las zonas de proa y popa del casco, así como la superestructura debieron ser sometidos a ciclos de optimización adicionales debido a que tienen características de construcción y condiciones de carga diferentes. La evaluación estructural incluyó la verificación de la condición de varada y eventual encallamiento por proa o popa para el nuevo arreglo estructural.

El peso de la estructura del buque era de 65.81 ton con las permutaciones en zonas protegidas balísticamente y luego de introducir los escantillones optimizados en el todo el modelo resulto en un peso de 62.84 ton, lo cual representó una reducción del 4.51 % con relación a las 65,8 ton y 18,24 % con relación a las 76,86 ton de peso inicial, en otros términos el trabajo completo equivalió a una reducción de calado de 7 cm.

Tabla 4. Comparación de los escantillones iniciales con el último ciclo de optimización.

TRACA	CICLO	Espesor panel (mm)	Espaciamiento entre refuerzos (mm)	Cuadernas				Refuerzos longitudinales			
				Altura alma (mm)	Espesor alma (mm)	Altura ala (mm)	Espesor ala (mm)	Altura alma (mm)	Espesor alma (mm)	Altura ala (mm)	Espesor ala (mm)
K	inicial	6.35	500	270	4.75	75	6.35	75	6.35	0	0
	final	6.35	500	120	6.35	50	6.35	75	6.35	0	0
A	inicial	6.35	500	175	4.75	75	6.35	75	6.35	0	0
	final	4.75	500	120	6.35	50	6.35	50	4.75	0	0
B	inicial	6.35	500	175	4.75	75	6.35	75	6.35	0	0
	final	4.75	500	60	4.75	25	4.75	50	4.75	0	0
C	inicial	4.75	500	200	6.35	75	6.35	75	6.35	0	0
	final	4.75	500	155	4.75	100	4.75	50	4.75	0	0
D	inicial	4.75	500	200	6.35	75	6.35	75	6.35	0	0
	final	4.75	500	155	4.75	100	4.75	50	4.75	0	0
E	inicial	4.75	500	200	6.35	75	6.35	75	6.35	0	0
	final	4.75	500	127	4.75	70	4.75	50	4.75	0	0
F	inicial	4.75	500	200	6.35	75	6.35	75	6.35	0	0
	final	4.75	500	127	4.75	70	4.75	75	6.35	0	0
G	inicial	4.75	500	160	4.75	75	6.35	75	6.35	0	0
	final	4.75	500	120	6.35	50	6.35	75	6.35	0	0
H	inicial	4.75	500	160	4.75	75	6.35	75	6.35	0	0
	final	4.75	500	120	6.35	50	6.35	50	4.75	0	0
I	inicial	4.75	500	500	4.75	75	6.35	75	6.35	0	0
	final	4.75	500	120	6.35	50	6.35	50	4.75	0	0
J	inicial	4.75	500	160	4.75	75	6.35	75	6.35	0	0
	final	4.75	0	120	6.35	50	6.35	50	4.75	0	0
L	inicial	4.75	500	160	4.75	75	6.35	75	6.35	0	0
	final	4.75	0	120	6.35	50	6.35	50	50	0	0

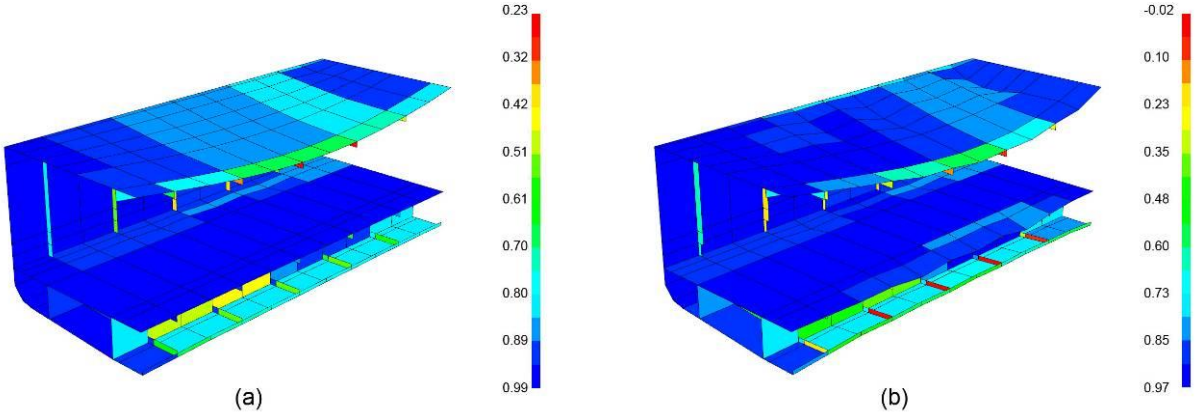


Figura 8. Mínimo valor de idoneidad para cada elemento estructural (a) antes y (b) después de la optimización.

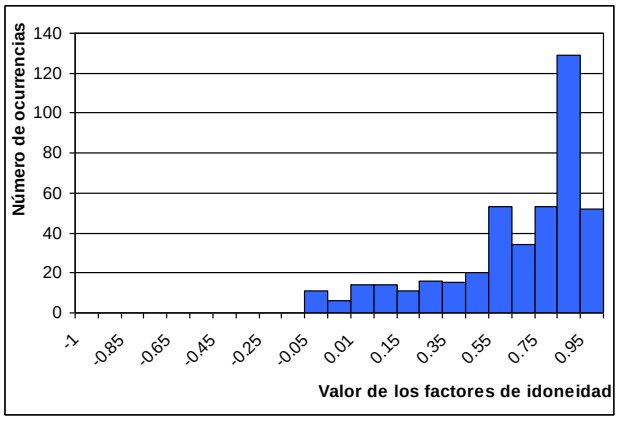


Figura 9. Histograma para los factores de idoneidad.

5. Conclusiones

La optimización estructural implementada en la patrullera de apoyo fluvial liviana resulto de manera global en 18,24 % de reducción de peso de la estructura incluyendo el remplazo de elementos de acero naval por acero balístico. Este remplazo fue previo a implementar el algoritmo de optimización y fue soportado con pruebas de absorción de impacto y análisis dinámico de este material en el casco debido a su baja ductilidad comparado con el acero naval, lo cual sirvió para establecer una restricción mecánica para las zonas permutadas relacionada con el espesor de dichas piezas, 4,75 mm. Un 4,51 % de reducción adicional de peso fue logrado después de este cambio y al iterar los escantillones hasta llevarlos al margen de las fronteras y restricciones definidas dejando un margen en los factores de suficiencia de la estructura muy cercano a cero.

6. Discusión de resultados

Los proyectos de embarcaciones militares siempre poseerán mayores restricciones por las capacidades combativas y por la complejidad de la estructura, por lo que no siempre se contempla una reducción de escantillones para lograr una mínima inversión y máximos ingresos operativos, más bien por evitar restricciones de carácter operativo que son las predominantes y decisivas como fue el caso PAFL con capacidad de navegación en ríos de bajo calado; a diferencia de proyectos mercantes en donde las funciones de merito son estrictamente de rentabilidad y en donde la optimización estructural es más evidente con la considerable reducción de costos operativos o el aumento de carga útil por la reducción de pesos. Sin embargo e indistintamente del tipo de proyecto, el algoritmo dual de optimización empleado permite al tiempo redimensionar los escantillones y estimar las cargas externas mediante balanceo en cada ciclo de iteración y la continua actualización de las restricciones de resistencia.

7. Referencias

[1] Marcelo Cali y Germán Méndez. Memoria técnica estructural de la patrullera de apoyo fluvial liviana - PAFL. Informe técnico, COTECMAR, 2008.

[2] Dirección de investigación desarrollo e innovación. Anexo técnico buque nodriza fluvial VII. Informe técnico, COTECMAR, 2007.

[3] Dirección de investigación desarrollo e innovación. Anexo técnico patrullera de apoyo fluvial liviana. Informe técnico, COTECMAR, 2009.

[4] Owen Hughes. *Ship Structural Design A Rationally-Based, Computer-Aided Optimization Approach*. The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1988.

[5] Optimum Structural Design Inc. *MAESTRO Manual*, 2009.

[6] American Bureau Of Shipping. *Rules for building and classing. Steel vessels for service on rivers and intracoastal waterways*, 2007.

[7] Nato Naval Group 6. Specialist team on small ship design. *Nato/pfp working paper on small ship design*, 2004.

[8] M. Xiea, J.C. Chapmanb, R.E. Hobbs. A rational design model for transverse web stiffeners, *Journal of constructional Steel Research, ELSEVIER 2008*

[9] Jeom Kee Paik_, Bong Ju Kim, Jung Kwan Seo. Methods for ultimate limit state assessment of ships and ship-shaped offshore structures: Part II stiffened panels，*Journal of constructional Steel Research, ELSEVIER 2008*

PROPOSTA DE UM TERMINAL MULTIMODAL PARA A REGIÃO AMAZÔNICA

Autor(es) Dr.Hito Braga de Moraes - UFPA
Pedro Igor Dias Lameira - UFPA
Emannuel S. Pereira Loureiro - UFPA
Alessandro Pinheiro Torres - UFPA
E-mail (hito@ufpa.br)

Introdução

O terminal multimodal foi projetado com o intuito de atender a demanda de transporte fluvial de carga, para a região amazônica. O projeto conceitual do terminal possui um design inteligente, onde é possível operar com containeres e carretas.

A rampa ROLL-ON ROLL-OFF é a parte do sistema de transporte, onde se realiza interface entre dois ou mais modos de transporte, e no qual se fornecem arranjos especiais para facilitar a transferência de carga entre a embarcação balsa e o terminal.

A rampa ROLL-ON ROLL-OFF do terminal se caracteriza como um elemento de apoio as atividades operacionais do porto.

As deficiências de projeto e a não integração do sistema hidroviário com os demais modos de transporte, na maioria dos terminais hidroviários roll-on rol-off existentes na Amazônia, são responsáveis por grande parte dos problemas operacionais ocorridos e pela não confiabilidade dos usuários do sistema hidroviário. É necessário, portanto, que um terminal hidroviário apresente um lay-out bem elaborado, a fim de atender às necessidades dos usuários e de minimizar os problemas de operação.

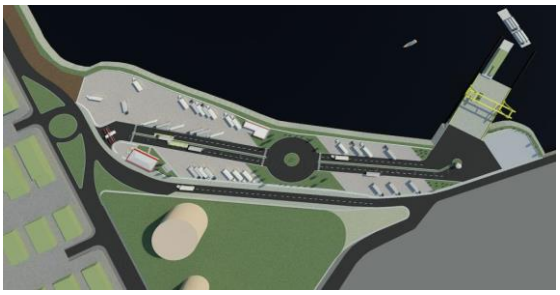


Figura 1 - Lay-out geral do terminal

Para o desenvolvimento de estudos e projetos de terminais Roll-on Roll-off com as características do transporte de cargas da Amazônia, não existem estudos e/ou normas específicas, como existem para outros tipos de terminais.

Para preencher esta deficiência de projeto do tipo de terminal em estudo e especificamente subsidiar a análise de um sistema diferenciado que poderá utilizar balsas transportando carretas no sistema roll-on roll-off e contêineres, busca-se neste trabalho projetar e avaliar as características funcionais e de planejamento do terminal e do seu inter-relacionamento com o sistema de transporte existente. Esta análise possibilitará a identificação de parâmetros a serem considerados no projeto do terminal Roll-on Roll-off, bem como uma estimativa dos custos envolvidos.

Identificação dos parâmetros para avaliação

Este tópico constitui na base teórica para mensuração dos parâmetros a serem avaliados.

- **Caracterização do terminal Roll-on Roll-off**

Um terminal de múltiplo uso como o que está sendo proposto se caracteriza como um elemento de apoio ao sistema de transporte, através do qual se processam a interação entre o sistema hidroviário e o terrestre.

- **A função do terminal Roll-on Roll-off**

A função principal de um terminal é promover maior eficiência dos sistemas de transporte através de uma integração dos seus subsistemas e da melhor organização do sistema de operação das linhas de transporte, proporcionando, melhor atendimento das necessidades de transporte de carretas ou contêineres.

Considerando-se o sistema de transporte, podem-se agrupar suas funções em duas classificações: quanto à operação e quanto à localização, conforme a seguir :

a) Quanto à operação

O projeto de um terminal deve ser elaborado a partir de um conjunto de circulações, definido com bastante rigor, e dar atenção especial a localização de acessos e saídas, que deverá ser compatível com a circulação pública de pedestres e veículos.

O usuário do terminal roll-on roll-off, ao chegar, deverá dirigir-se ao portão de aceso

sem dificuldade e sem conflito de correntes de tráfego. Ao ser desembarcado, deverá ser encaminhado à saída de forma direta e rápida, dirigindo-se a qualquer outro meio de transporte sem expor-se a cruzamentos perigosos.

As áreas de espera devem ter acesso direto a rampa; os sanitários femininos e masculinos devem ser localizados de forma a possibilitar fácil acesso, o setor de administração deve ser localizado de forma a permitir boas condições de fiscalização das chegadas e saídas das carretas.

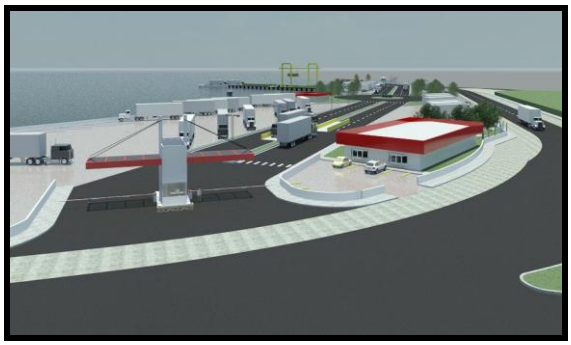


Figura 2 - Vista da guarita de entrada e prédio administrativo

Quanto ao dimensionamento das instalações e equipamentos em um terminal Roll-on Roll-off tem-se ainda alguns índices ou medidas estabelecidas visando ofertar melhores níveis de serviços aos usuários, como a área de convivência para carreteiros dispondo de serviços de banheiros entretenimento, lanches e áreas para serviços administrativos visando concentrar as atividades de fiscalização dos órgãos do governo em um único lugar.



Figura 3 - Prédio de convivência dos Carreteiros e vestiários



Figura 4 - Vista interna do prédio de convivência



Figura 5 - Arranjo 3d do vestiário e prédio de convivência

Em resumo pode-se condensar a função operacional do terminal em sete itens, a saber:

- facilidade de embarque e desembarque de veículos;

- possibilitar a transferência de um modo ou serviço de transporte para outro;

- prover estacionamentos ou pátios para estacionamento de veículos;

- oferecer os serviços necessários ao atendimento do usuário;

- administrar e operar o sistema de transporte no terminal;

- proporcionar conforto e segurança ao usuário;

- possibilitar uma circulação adequada de veículos.

b) Quanto à localização dos prédios e estacionamentos

A correta localização dos equipamentos do terminal é de vital importância para os usuários e operadores do sistema de transporte, pois significa facilidade de acesso às embarcações e possibilidades de sair do sistema, sem grandes congestionamentos e com certo grau de conforto.

A zona de influência direta de um terminal Roll-on Roll-off, tanto de origem como de destino, é muito extensa, pois este sistema apresenta as características de um transporte porta a porta. Desta forma, tem-se que o terminal deve preencher os seguintes itens:

- servir como ponto de referência ao usuário;

- dar maior eficiência ao sistema de transporte;

- possibilitar maior acessibilidade ao transporte;

- aumentar a mobilidade dos veículos;

- atrair maior número de usuários para o sistema.

Estas funções, por sua vez, variarão segundo o tipo de serviço de transporte e classificação do terminal, que no caso hidroviário deve ter características eminentemente multimodais, pois ele serve de ligação entre o transporte hidroviário e o transporte terrestre.

Considerações e exigências de operação e de projeto

O terminal Roll-on Roll-off, com serviços regulares, e bem coordenados são muito bem aceitos, tanto pelo usuário como pela comunidade. Assim, as exigências de ambos quanto ao projeto e a operação, devem ser consideradas, além das exigências dos operadores. A seguir serão relacionadas algumas exigências e necessidades de cada uma das partes interessadas no terminal e que foram consideradas no projeto.

- **Do ponto de vista do usuário**

- tempo mínimo de espera e/ou de transferência;

- menor distância de circulação dentro do terminal;

- conveniência (ou comodidade) - serviço adequado de informações, formas adequadas de circulação, fácil e seguro embarque e desembarque;

- projeto arquitetônico agradável e proteção contra as intempéries;

- segurança e confiança - proteção máxima contra acidentes de tráfego, superfícies e equipamentos seguros, boa visibilidade e iluminação.

- **Do ponto de vista do operador (e empreendedor)**

- custo mínimo de investimento;

- custo mínimo de operação;

- capacidade adequada;

- flexibilidade de operação;

- capacidade de atrair cargas;

- **Do ponto de vista da comunidade**

A comunidade está interessada em ter um sistema de transporte atrativo e eficiente. Assim o terminal Roll-on Roll-off deve ser tão eficiente para os usuários quanto atrativo para o operador. Estas exigências coincidem com aquelas listadas para o usuário e operador. Os efeitos imediatos incluem os impactos ambientais, aspectos visuais e as conseqüências no sistema de transporte.

Verifica-se então através destas considerações, a preocupação da equipe projetista quanto a implantação de um terminal quanto aos aspectos internos e externos ao projeto, para que este atenda aos pontos de vista de todas as partes interessadas.

Características de planejamento e projeto de terminais

O terminal Roll-on Roll-off foi visualizado como um subsistema local dentro de um amplo sistema portuário que supre as necessidades de um aglomerado industrial. Este subsistema tem efeitos externos relacionados aos seus impactos na operação dos portos e no próprio sistema regional e efeitos internos relacionados aos seus impactos aos usuários. Na prática, buscou-se um planejamento que proporcionou a escolha do projeto mais favorável respeitando as restrições econômicas.

Os atributos dos elementos do ambiente interno do terminal, compreendem fatores subjetivos e objetivos que incluem: padrões de serviço, características de circulação, comunicação visual, conforto, conveniência e manutenção.

Parâmetros utilizados para o estudo da implantação do terminal

Os estudos para o projeto do terminal Roll-on Roll-off consideraram os seguintes aspectos:

- Variação do nível d´água ao longo do ano;

- Características das embarcações que irão freqüentar o terminal

- Informações atuais e perspectivas futuras da atuação geopolítica e econômica da região de implantação;

- Infra-estrutura disponível na localidade;

- Dados gerais do porto onde o terminal será implantado;

Parâmetros de projeto avaliados no terminal Roll-on Roll-off

Para as áreas construídas de um terminal Roll-on Roll-off pode-se determinar a existência de dois setores de atividades:

- Setor administrativo e de serviços públicos – destinado ao exercício de atividades de apoio, de assistência aos usuários do terminal, exercidas por entidades públicas ou privadas e ao atendimento dos usuários, nos períodos que antecedem o embarque e sucedem o desembarque.



Figura 6 - Prédio Administrativo



Figura 7 - Vista interna do prédio administrativo

- Setor de operações e comércio – destinado, a espera, chegada e saída de embarcações e ao embarque e desembarque das carretas

Para cada um destes setores foram definidas: as instalações e os equipamentos mínimos necessários para a operação do terminal.

A seguir são relacionados os itens considerados para o projeto conceitual da rampa do terminal Roll-on Roll-off do porto de Vila do Conde.

- **Requisitos considerados para o terminal**

a) Acessos

- Ruas de acesso com boa capacidade de tráfego

b) Área para estacionamento de veículos

- Divisão para carros particulares e veículos de Carga;

- Área compatível com a demanda de carretas convencionais e tipo bi trem;

- Guarita de controle.

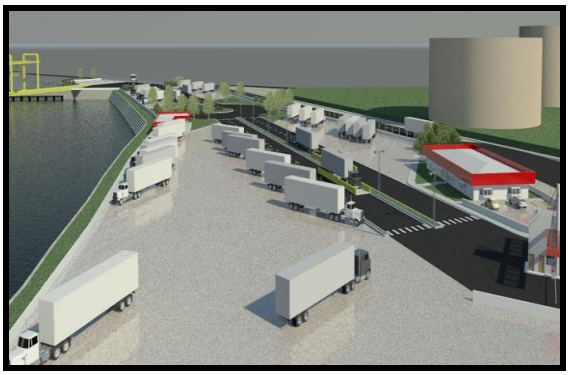


Figura 8 - Pátio de estacionamento para carretas

c) Instalações e serviços

- Serviços de abastecimento de água para embarcações;

- Serviços de combate a incêndio;

- Abastecimento de energia.

d) Áreas dos prédios de adminstração e do prédio de convivência

- Balcão de informações;

- Bancos / assentos;

- Banheiros públicos: masculino e feminino;

- Telefones públicos;

- Lixeiras;

- Sistema de chamadas e de avisos;

- Quadro de horário de chegada e de saída das embarcações;

- Comércio (lojas, lanchonetes e banca de revista);

- Guarda volumes.



Figura 9 - Vestiários

f) Área de atracação

- Berço específico e adequado para embarque e desembarque de carretas/contêiner;

- Tipo de berço compatível com as características das embarcações que irão operar.



Figura 10 - Berço de atracação

Dimensionamento das instalações do terminal

Foram essenciais para o correto dimensionamento das instalações as seguintes informações:

a) Demanda diária de carretas com os horários de pico, horários normais e de pouco movimento.

b) Embarcações em operação ou em projeto (capacidade, dimensões, layout, etc) foram avaliadas também as características locais (topografia, regime de marés, etc)

Os elementos de circulação foram corretamente dimensionados, para dar maior fluidez no sistema, especialmente para rápida circulação das carretas desembarcadas com encaminhamento direto a saída.

A portaria de controle de acesso constitui a parte frontal do sistema e define as áreas livres e restritas do terminal. Da sua operação eficiente depende o funcionamento do terminal nas situações de movimento de pico.

Quanto a obras de acostagem para o terminal Roll-on Roll-off, observa-se que o maior problema está na variação do nível d'água, que impõem restrições operacionais para o embarque e desembarque de carretas. Para este terminal foi proposto uma rampa móvel que possibilita o embarque ou desembarque de carretas em qualquer nível de maré. O referido projeto é baseado em um sistema hidráulico de sapatas, como demonstra a figura a seguir:

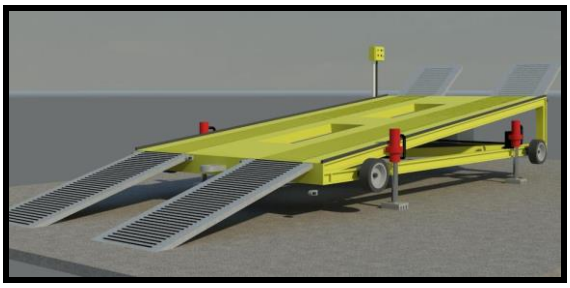


Figura 11 - Rampa móvel hidráulica

Considerações finais

A proposta apresentada pretende inserir os terminais como parte integrante do projeto do sistema de transporte de carretas/contêineres, de maneira a adequá-lo ao mesmo padrão de embarcação que irão utilizar o sistema.

A proposta do projeto conceitual da rampa não se prende a padrões específicos, uma vez que os mesmos devem ser adequados ao tipo de serviços que os mesmos irão prestar.

No projeto elaborado, foi analisado um conjunto de itens a serem disponibilizados ao usuário do sistema de transporte hidroviário da

região Amazônica. Foi constatado que os problemas como o conforto, a segurança dos usuários e as dificuldades nas operações, se devem, na maioria dos casos, a inexistência de um projeto específico de terminal, pois em vários locais, as instalações para a operação com balsas no sistema roll-on roll-off foram adaptadas nas margens dos rios sem nenhuma preocupação com a funcionalidade do projeto.

Verificou-se, ainda, que os principais fatores observados no projeto são:

- arranjo interno e dimensionamento das instalações e equipamentos;

- adequação às características das embarcações;

- Devido às condições de altura do nível d'água (regime de marés), ocorre um acentuado desnível entre a rampa do terminal e o convés da embarcação, causando problemas de embarque/desembarque;

- A existência de áreas de convivência para carreteiros;

- A integração com o modal terrestre, proporcionando locais de estacionamentos para automóveis e carretas.

O objetivo geral do projeto é desenvolver um padrão de terminal adequado as novas tendências do transporte hidroviário da Amazônia, buscando a racionalização das operações, eficiência e conforto aos usuários.

A proposta deste terminal é uma reivindicação antiga dos operadores portuários e empresas de navegação, uma vez que a navegação de cargas na Amazônia já utiliza o sistema Roll-on Roll-off a praticamente três décadas.

Com algumas adequações sugeridas no projeto, como o pórtico para a operação com contêineres, a rampa poderá ditar uma nova tendência no transporte de cargas para a Amazônia, que é a utilização do contêiner em balsa em substituição as carretas que ocupam a balsa pelo espaço e não pelo peso.



Figura 12 - Rampa roll-on/roll-off com pórtico para contêineres

O projeto da Rampa visa implantar algo que realmente busque uma mudança para o transporte de cargas na região, utilizando ferramentas de projeto que estão no topo da tecnologia portuária moderna .

Características e detalhamento:

É composto por cinco pátios de estacionamento para carretas e uma área para estacionamento de carros particulares, totalizando uma área de 18.090,70 m² em concreto, e capacidade para 77 carretas comuns e 16 bi-trens, contabilizando 93 estacionamentos para veículos pesados e 9 vagas para veículos de passeio.

- Pátio 1 – 9.269,30 m², com capacidade para 21 carretas comuns e 8 bi-trens.
- Pátio 2 – 2.521,09 m², com capacidade para 17 caretas.
- Pátio 3 – 2.170,27 m², com capacidade para 20 carretas.
- Pátio 4 – 1.851,72 m² , com capacidade para 19 carretas.
- Pátio 5 – 1.953,60 m², com capacidade para 8 bi-trens.
- Pátio 6 – 324,72 m² , com capacidade para 9 carros particulares.

O terminal possui uma acessibilidade para pedestres com 1.509,60 m² de calçada para acesso aos prédios administrativos, sala de espera e vestiários. Possui ruas largas com capacidade de trânsito simultâneo de até 2 carretas, totalizando uma área de 12.004,03 m² em asfalto.

Para carregamento e descarregamento da balsa, possui uma rampa de acesso de 75 m de comprimento, e para efetuar a retirada dos contêineres utiliza um pórtico rolante (sobre trilhos) que percorre toda a extensão da balsa. Com esta rampa e com este equipamento é

possível operar com diversos tipos de carga, tanto em carretas quanto em contêineres, tornando-o assim um terminal multimodal. Para resolver o problema de descarregamento de carretas em balsas que não possuem rampa própria, foi projetada uma rampa móvel sobre rodas que possui um dispositivo hidráulico que ao ser acionado ajusta a altura da rampa através de sapatas, tornando-a uma rampa compatível com qualquer tipo de balsa.

Possui um prédio administrativo com um área de 372,04 m² divididos em, uma ampla sala de recepção, duas salas administrativas, dois banheiros (masculino e feminino), duas salas de gerência.

Com o intuito de atender as necessidades dos caminhoneiros, desenvolveu-se um ambiente de lazer e espera de 143,99 m², com lanchonete, sala de televisão e área de leitura. Existem também os vestiários masculinos e femininos, adjacentes a área de lazer com 84,30 m².

Referências Bibliográficas

MANSON, Jayme, Obras Portuárias, Rio de Janeiro, editora Campus 1981

SILVEIRA COSTA, Luiz S. As hidrovias interiores no Brasil, Rio de Janeiro, Fenavega 2004

BNDES, "Transporte Hidroviário Urbano de Passageiros", Rio de Janeiro,1999.

AHIMOR - Administração das hidrovias da amazônia oriental, "Sistema de Monitoramento do Transporte Fluvial na Amazônia", Relatório Final,1997.

NOVAES, A. G., "Demanda de transporte" Departamento de Engenharia de Transportes. EPUSP, São Paulo, 1984.

VALENTE, ALMIR MATAR et al, "Gerenciamento de Transportes e Frotas", CNT-IDAQ, Ed. Pioneira, São Paulo, 1997

BARBOSA, MARIA HELENA M.D. "Diretrizes para Projetos de Terminais Hidroviários Urbanos de Passageiros", Tese de M.Sc., Instituto Militar de Engenharia - IME, Rio de Janeiro,RJ, 1981

MORAES, HITO BRAGA, VASCONCELLOS, J. MARCIO ET AL "Avaliação e Caracterização dos Principais Terminais Hidroviários de Passageiros da Amazônia", SUDAM/FADESP, Belém, 2001

FIALHO, GILBERTO O. M. "Teoria de Filas Aplicada ao Planejamento Portuário", II Curso Especial em gestão de Sistemas Portuários, COPPE/UFRJ- CIAGA, outubro de 1999.

BOLETIM DE CUSTOS, "Produtos Serviços Informação Custos", IBEC, ABCE, Rio de Janeiro, outubro de 2001.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM - DNER "Manual de Implantação de Terminais Rodoviários de Passageiros", 1976.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, "Planejamento Portuário - Aspectos Náuticos", NBR 13246, 1995.

ALMEIDA, C. E. e BRIGHETTI, G. "Navegação Interior e Portos Marítimos" EPUSP, São Paulo, 1994.

MORAES, HITO BRAGA, VASCONCELLOS, JOSÉ MARCIO "Análise Qualitativa e Quantitativa dos Tipos e Características das Embarcações Atualmente Empregadas nas Principais Linhas de Transporte de Passageiro e Carga", SUDAN/FADESP, Belém, 2001.

Caracterización de las variables necesarias para la Supervisión y Control en el Fondeo de Embarcaciones de Recreo.

Autores: **Gerardo González Filgueira**[1] *Doctor en Informática*, **L. Carral**[1] *Doctor Ingeniero Naval*, **J.A. Fraguela**[1] *Doctor Ingeniero Naval*, **M. J. Rodríguez Guerreiro**[1] *Licenciada en Ciencias Biológicas*, **M. Rivera**[2] *Ingeniero Técnico Industrial*, **J. C. Carral**[2] *Ingeniero Industrial*.
e-mail: gerardog@udc.es, lcarral@cdf.udc.es, jafraguela@udc.es, chus@cdf.udc,es, harlindon2@hotmail.com, jcarral@tallerescarral.com
[1]Universidad de A Coruña, España
E-15403. C/Mendizábal. Ferrol (A Coruña). España.
[2]Carral Marine Technology.
E-15008. C/ Martinete 10-11. A Coruña, España.

Resumen:

En este trabajo se presentan las necesidades de supervisión y control de los parámetros presentes en la maniobra de fondeo, mediante la adquisición, mantenimiento y supervisión de todas las variables que intervienen en ella, así como la permanencia de la embarcación en el fondeadero. El control de los parámetros puede permitir asistir al patrón o capitán en la maniobra de fondeo, la supervisión permitirá detectar situaciones peligrosas durante la permanencia en el lugar de fondeo. La situación a detectar es, el garreo (deslizamiento sobre el fondo) del ancla, debido a que la solicitación que el buque ejerce sobre el fondeo rebasa la capacidad de agarre de éste. El garreo del ancla se puede deber; al incremento en las solicitaciones que viento y corriente ejercen sobre el buque (empeoramiento de las condiciones atmosféricas reinantes) o a la modificación en la eficacia del tren de fondeo al haberse modificado la sonda del lugar de fondeo (subida de la marea, bajada de la marea o por el propio movimiento de borneo, giro respecto al punto de fondeo) del barco hacia zonas de menor profundidad. Ante esta situación el sistema de control deberá generar una alarma o aviso a la tripulación, informando del peligro y recomendando algún tipo de acción.

Palabras Clave: Supervisión, Control, fondeo, embarcación, Autómata Programable.

1. Introducción

A mediados del siglo XX, la popularización de la actividad náutica ha propiciado la creación de una numerosa flota de yates que representan un aspecto más del uso lúdico del

mar. La adaptación de este tipo de embarcaciones a la actividad a realizar, con la consiguiente diferenciación respecto a otros tipos de buques, constituye una de las características de evolución de los buques; la especialización en tráficos o actividades. En consonancia con esta actividad los equipos deberán adaptarse a las peculiaridades de su utilización.

La maniobra de fondeo y la posterior permanencia en el fondeadero, en la marina mercante constituye una etapa en la fase de navegación marítima [2][3]. Suele anteceder a la fase de detención en puerto o fase portuaria en los momentos de espera debido a la congestión de la instalación portuaria. Se trata pues, de mantener al buque inmovilizado durante un tiempo de espera que se intenta que sea mínimo. Por todo ello cobra una importancia menor frente al tiempo de navegación. El uso recreativo del mar determina la utilización de la embarcación, tanto en navegación como permaneciendo detenida, para la realización de multitud de actividades. De este modo, la embarcación permanece en esta condición de fondeo un tiempo importante, sobre el total de su tiempo de utilización.

El objetivo de este trabajo es el determinar y caracterizar todas las variables necesarias para permitir la permanencia segura de la embarcación en el fondeadero, mediante la adquisición, mantenimiento y supervisión de todas las variables que intervienen en la maniobra.

2. Parámetros Característicos

A la hora de realizar la maniobra de fondeo, es necesario conocer ciertos parámetros característicos de la embarcación, de forma que los cálculos a realizar sean los más precisos posibles. De estos parámetros correspondientes podemos diferenciar dos grupos, los pertenecientes a las características constructivas de la embarcación y aquellas que definen las características del tren de fondeo que se va a emplear. Se han identificado los siguientes parámetros necesarios para determinar la maniobra:

- Eslora, o longitud entre perpendiculares, a la longitud máxima de la embarcación.
- Manga, o anchura de la embarcación.
- Puntal, o altura de la embarcación.
- Coeficiente de Bloque, este parámetro es determinante, y suele ser suministrado por el astillero donde ha sido construida la embarcación.
- Calado, o mínimo nivel de agua necesario para que la embarcación no corra peligro de embarrancamiento.
- Altura de la proa de la embarcación

- Forma de la superestructura
- Peso aparente de la cadena, es la relación de la masa de cadena en función de su longitud.

Además también es necesario conocer el tipo de ancla con el que se va a realizar el fondeo, al existir gran cantidad de ellas, y las propiedades que varían según las condiciones en las que se necesite emplear.

Estos parámetros son necesarios, para los cálculos que requiere el algoritmo para la preparación y mantenimiento de la condición de fondeo.

3. Comunicación entre dispositivos del buque

La condición de fondeo constituye una fuente de preocupaciones para la tripulación de las embarcaciones de recreo. Esto se debe a varios factores: tripulaciones reducidas, falta de profesionalidad o inexperiencia de los tripulantes, cansancio tras una navegación larga, desconocimiento de la zona, o simplemente falta de atención durante la maniobra o la permanencia ya que el objetivo de la actividad es el recreo de los participantes. Esta preocupación es especialmente acusada cuando se decide fondear en una cala o abrigo para descansar o pasar la noche, lo que lo hace especialmente peligroso si las condiciones meteorológicas cambian durante este período de tiempo [4]

[5]. La comunicación entre dispositivos se hace especialmente necesaria en embarcaciones de recreo, tipo megayates (ver Fig. 1).



Fig. 2. Megayate: Ejemplo de necesidades de Supervisión y Control de la maniobra de fondeo.

Las necesidades de control vendrán dadas por la comunicación de elementos tales como:

- **Instrumentos** convencionales **de navegación** que integre el barco habitualmente. Estos son: sonda, corredera, anemómetro y veleta. La sonda proporciona información sobre la

profundidad existente bajo el casco del barco, parámetro fundamental para determinar la condición de fondeo y evitar la varada del yate. La corredera nos proporciona información de la velocidad del barco, aunque en el caso de este instrumento mide la velocidad de superficie, por lo que nos proporciona información del valor de las corrientes existentes en la zona. Y, por último, el anemómetro y la veleta muestran la velocidad y dirección del viento respectivamente. Estos parámetros serán utilizados para deducir si el barco está aproado al viento y a partir de las lecturas de la velocidad del viento, poder estimar la fuerza aproximada que éste ejerce sobre la obra muerta del buque (parte del buque que sobresale por encima de la línea de flotación).

- **Molinete de ancla** (ver Fig. 3) e **instrumentación adicional y elementos de maniobra remota**. La instrumentación adicional que se debe incorporar para caracterizar los siguientes parámetros: medida de longitud de cadena largada y medida de tensión en la cadena. La medida de longitud de cadena se conseguirá mediante la instalación de un sensor en el barbotén, que genere un número fijo de impulsos por cada vuelta que da la cadena. De esta forma se puede totalizar la longitud de cadena que se ha soltado. En cuanto a la medida de tensión en la cadena, se puede realizar de dos formas diferentes: midiendo el par en el motor (ya sea hidráulico o eléctrico) o instalando una galga extensiométrica en el estopor. Los elementos de maniobra remota están formados por actuadores eléctricos o hidráulicos, que a modo de estopor, permitan enclavar la cadena y evitar que el molinete quede en tensión durante largos períodos de tiempo, y desenclavarla cuando haya que realizar alguna maniobra.



Fig. 3. Pareja de molinetes diseñados y fabricados por Carral Marine Technology, instalados en un megayate.

- **Unidad de captación y procesado de señales**. Este elemento constará de un autómata programable, encargado de la adquisición de la señales y de su procesado para la toma de

las decisiones oportunas en cada momento. En la Fig. 4 se muestra la implementación de un sistema para el control del equipo de cubierta de un remolcador.



Fig. 4. Maniobra eléctrica del PLC bajo pupitre en el puente en un buque remolcador.

- **Pantalla de interface con el usuario**. Será necesario establecer una pantalla (ver Fig. 5) donde el capitán del barco pueda introducir y ver toda la información que maneja el sistema, desde la introducción de consignas hasta la monitorización de alarmas. Esta pantalla estará conectada con la CPU de procesado.



Fig. 5. Pantalla y Consola de Mando en Puente en un buque remolcador.

4. Unidad de captación y procesado de señales.

La unidad de captación y procesado de señales constituye el corazón de la comunicación entre los dispositivos del buque. El presente estudio se aplicaría a embarcaciones de recreo de media y gran eslora, dotadas de un sistema de fondeo accionado eléctricamente y donde para el mando de la embarcación no es preciso disponer de un personal experimentado. La dificultad del mismo radica, no en el número de sensores y actuadores, sino en la dificultad que entraña un proceso de lectura de una trama de datos para el correcto control de la embarcación.

El sistema estará formado por un dispositivo de control "inteligente" como es un autómata Programable, PLC, que recibe información a través de sensores como son el anemómetro, la sonda de profundidad, el sensor de corredera, todos con salida NMEA

[6], para transmitir información a actuadores como es el accionamiento eléctrico del ancla, Dispositivo de alerta y Dispositivo de atención al funcionamiento. Todos los dispositivos se integran mediante una red de comunicación a través de los distintos protocolos de información (NMEA-RS232-RS485).

La comunicación entre dispositivos se lleva a cabo mediante una pantalla táctil (ver Fig. 5).

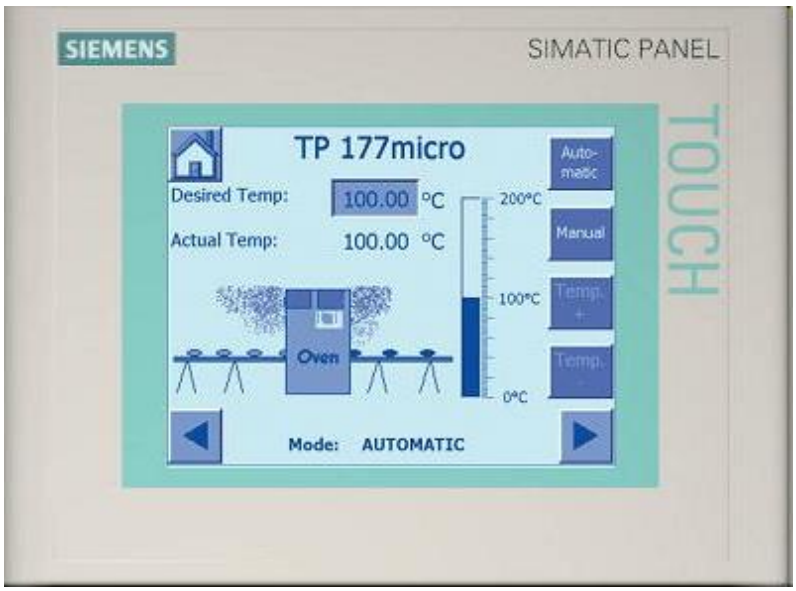


Fig. 5. Pantalla táctil TP177 de Siemens.

Una vez se inicializa la maniobra de fondeo de la embarcación, el Autómata recibe la información de todos los sensores (Anemómetro, Sonda etc). El algoritmo de control interpreta los datos recibidos y actúa en consecuencia actuando sobre el accionamiento eléctrico para mantener estable la embarcación o avisando al personal si la integridad de la misma está en riesgo.

Finalmente se realiza la implementación del conjunto de pantallas mediante sistema SCADA para el control táctil.

4.1. Configuración

La unidad de captación y procesado de señales dispondría de la siguiente configuración:

A) Sensores y Actuadores:

-Sensores para la lectura de parámetros:

1) Anemómetro Digital para medida de la Velocidad del viento.

2) Veleta con Salida NMEA para medida del Ángulo.

3) Sonda de Profundidad con Salida NMEA (Profundidad en m.).

4) Sensor Corredera con Salida NMEA (Velocidad de la embarcación, o del flujo de agua bajo ella).

5) Tensión de la cadena

6) Otros sensores que aseguren la adquisición de variables que garanticen la estabilidad de la embarcación.

-Actuadores:

1) Convertidor de Frecuencia conectado a un motor asíncrono trifásico (Accionamiento eléctrico del ancla).

2) Dispositivo de alerta.

3) Dispositivo de atención al funcionamiento.

B) Dispositivos para la integración de la comunicación:

La red de comunicación se interconecta con los distintos protocolos de información (NMEA - RS232 - RS485) mediante el empleo de:

1) Tarjeta Multiplexora NMEA. Esta tarjeta se utiliza para la conversión de datos de NMEA a RD-232

2) Cable PPI Multi-Master de Siemens (Protocolo Autómatas Siemens). Se convierten datos de RS232 - RS485.

C) Autómata:

Se podría emplear un autómata de la Gama S7-200 de Siemens, específicamente; el 224XP de dos puertos serie, 14 Entradas Digitales/10 Salidas Digitales.

D) Dispositivos de Control:

1) El control del sistema se llevara a cabo mediante una pantalla táctil de Siemens, para mayor comodidad, conectada al autómata

2) Cableado y Aparamenta Básica.

4.2. Configuración de la Comunicación:

La comunicación está configurada como un sistema de red multi-protocolar, es decir desde la adquisición de información hasta el accionamiento del ancla, se emplean 3 protocolos diferentes:

1) NMEA (Estándar internacional para la comunicación entre dispositivos electrónicos abordo).
2) RS-232 (Protocolo de comunicación Serie).
3) RS-485 (Protocolo Estándar de los Autómatas Siemens.

La Comunicación principal entre Autómata-Sistema de Adquisición de Datos se realizara mediante el protocolo Freeport (compatible RS-232 de SIEMENS) empleando las entradas/salidas digitales, para una posible ampliación de la aplicación.

4.3. Descripción

Una vez se inicializa la maniobra de fondeo de la embarcación, el Autómata recibe la información de todos los sensores (Anemómetro, Sonda etc). El algoritmo de control interpreta los datos recibidos y actúa en consecuencia actuando sobre el accionamiento eléctrico para mantener estable la embarcación o avisando al personal si la integridad de la misma está en riesgo. Se trata de un sistema de seguridad auxiliar para el apoyo de personal poco experimentado en el manejo de embarcaciones en el mar.

Los objetivos a perseguir serían:

a) Implementación del algoritmo de control, para la correcta comunicación entre Sensores-Autómata-Actuadores.
b) Implementación del conjunto de pantallas mediante sistema SCADA para él control táctil.
c) Simulación y pruebas del funcionamiento de la comunicación entre dispositivos del buque.

5. Algoritmo para la preparación y mantenimiento de la condición de fondeo

Habitualmente, para cada proceso de planta a controlar, se escoge un modelo de autómata programable. A nivel de aplicación naval e industrial, de lo que se trata es de programar algoritmos para cualquier equipo de control comercial. Además, debe poder ser fácilmente moldeable para poder ser adaptado a las necesidades particulares de cada cliente y también de fácil adaptación a los lenguajes de programación de cada fabricante de PLCs.

El proceso que se describe en este trabajo es de tipo continuo. La comunicación entre dispositivos pretende controlar y supervisar en todo momento el proceso de la maniobra de fondeo en cualquier circunstancia. Este proceso se puede descomponerse en una serie de estados, que han de llevarse a cabo secuencialmente, de modo que para realizar un estado determinado es necesario que se hayan realizado correctamente los anteriores. En este caso, el tren de fondeo de una embarcación estará constituido por una longitud de cadena unida al ancla. En el caso de embarcaciones de pequeña eslora la cadena se podrá sustituir por un cabo aplomado. La reglamentación permite que en embarcaciones de eslora media, existan fondeos del tipo mixto. Para facilitar la maniobra de zarpado del ancla, se mantiene un largo de cadena (de longitud igual a la eslora de la embarcación) en el extremo de unión al ancla, sustituyendo el resto por una estacha de cabo.

La operación de fondeo puede realizarse de diversas maneras pudiendo utilizarse un ancla o dos. Habitualmente, y salvo condiciones ambientales extraordinarias que aconsejen otra solución, se suele fondear con un solo ancla en una condición denominada “a la gira”. Lo que sí puede variar, dependiendo de la zona de operación de la embarcación, será el tipo de ancla empleado. La naturaleza del fondo de los fondeaderos empleados va a permitir escoger entre diversos tipos de anclas, siendo todos ello de alto poder de agarre. /Bruce, Delta, Fortress, Britany, Hall, Danforth, CQR, etc.

Para garantizar el trabajo óptimo del ancla, y consecuentemente conseguir el máximo poder de agarre, se deberán garantizar dos aspectos esenciales: la primera conseguir que la caña del ancla presente un ángulo cero, o próximo a este valor, respecto a la horizontal, por otro lado evitar las variaciones importantes en la dirección de la proa en condiciones meteorológicas cambiantes (borneo), en especial en fondos arcillosos.

Resulta de especial importancia el primer aspecto; un ancla, en una condición de enterramiento y naturaleza del fondo dada, disminuye de forma dramática su poder de agarre ante valores reducidos del ángulo que forma la caña respecto al fondo. La forma de garantizar

que la acción que la cadena ejerce sobre la caña del ancla se corresponda con una fuerza ejercida horizontalmente, se consigue haciendo que un largo de cadena descanse en el fondo.

Cuando una embarcación ha fondeado a la gira, la cadena adquiere una trayectoria curvilínea característica que recibe el nombre de catenaria

[7]. La catenaria es la curva que forma un hilo ideal, de masa distribuida uniformemente y que cuelga libremente de dos puntos, siendo el más bajo de los dos el vértice de la curva

[8].

El buque fondeado con una sola ancla en su equilibrio estático ha de ser capaz:

a) De soportar las solicitaciones de viento y corriente que se ejerce sobre la embarcación en base al poder de agarre del ancla.

b) El estopor capaz de soportar el peso de la catenaria que forma la cadena.

c) La cadena, bien por su longitud o por su peso, mantener la caña del ancla en posición horizontal (valores inferiores a 5 grados).

El comportamiento del buque fondeado está limitado por las siguientes circunstancias:

a) Movimientos de tipo vertical, debidos a la acción de las olas o la marea, no afectan al poder de agarre del ancla siempre que la caña del ancla descanse sobre el fondo (ángulos menores de 5º, sí afecta a la solicitación en el estopor.

b) Movimientos de tipo longitudinal, modifican la longitud de cadena en contacto con el fondo y por tanto podrían afectar al poder de agarre.

c) Movimientos de giro alrededor del fondeo, o de borneo, en el caso de variaciones importantes en la dirección del viento (contrastes) o de la corriente (ángulo de variación menor de 45º), podrán afectar al poder de agarre en el caso de fondos blandos, ya que es posible que el ancla no se entierre en la nueva posición.

Una vez descritas las especificaciones del funcionamiento del sistema o planta a controlar, se procede a realizar una programación del mismo con diseño descendente “top-down”. La Fig. 6 muestra un diagrama de bloques del sistema. Debido a que resulta necesario disponer de un algoritmo lo más abierto posible, para poder ser implementado en diferentes modelos de PLC’s, en función de las necesidades de los clientes, y las capacidades del sistema, el GRAFCET de primer nivel se basa en el diagrama de Flujo de estados de la Fig. 6. El algoritmo se implementa siguiendo la estructura del programa.

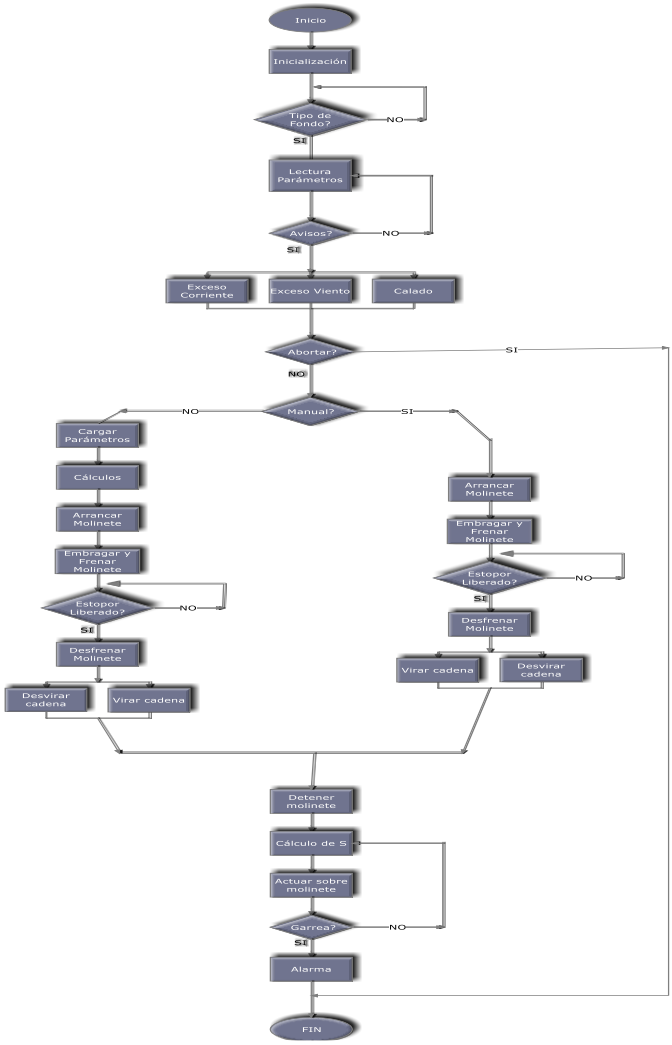


Fig. 6. Diagrama de Flujo del algoritmo

6. Resultados de la Supervisión y Control

Para un proceso de control y supervisión como el analizado en este trabajo se utilizan herramientas diseñadas para abordar el problema de automatización como HMI'S, y sistema SCADA. Existe una relación entre los diferentes elementos del sistema de supervisión SCADA y el trabajo que realizan dentro del sistema. Por lo tanto, se garantiza el objetivo de funcionamiento de la planta.

Para la comprobación del correcto funcionamiento del proceso de Supervisión y Control se ha empleado el software SCADA WINCC flexible de Siemens [9]-[1]. El SCADA supervisa y monitoriza los procesos de control de la maniobra de fondeo.

Se ha determinado que se deben de tener en cuenta, al menos, los siguientes parámetros:

a) Introducir valor estimado del viento en la zona elegida como fondeadero, por el contrario se podrá utilizar la lectura actual del anemómetro *Vv*.

b) introducir la sonda estimada en el fondeadero (buscar valor en la carta náutica) *f*.

c) valorar la bondad del fondeadero en función de la naturaleza del fondo:

1- buen tenedero (formado por fango duro, conchuela, arena fangosa y arena gruesa).

2- tenedero regular (arcilla, cascajo y arena fina).

3- mal tenedero (fango blando, piedra y coral).

e) SALIDAS se podrá calcular la fuerza que el buque ejerce sobre el fondeo *Tv*, la longitud de cadena a largar *S* y la relación *s/f*.

7. Conclusiones

En el presente trabajo se ha procedido a identificar y caracterizar los diferentes parámetros que influyen en la Supervisión y Control en el Fondeo de Embarcaciones de Recreo. El presente estudio es de aplicación a cualquier tipo de embarcación que cuente con la instrumentación necesaria, incluidas aquellas no dedicadas al ámbito recreativo. El hecho de haber realizado una completa caracterización de las variables involucradas hace que el presente trabajo presente múltiples ventajas como aplicaciones futuras que sirvan para la asistencia a tripulación inexperta, proporcionen una mayor seguridad durante horario nocturno, y limiten los posibles errores por intervención humana.

Así mismo se abren grandes posibilidades de ampliación como el hecho de acercar al público general, algo que hasta el momento era accesible a unos pocos dada la preparación requerida y la posibilidad de Detección de averías mediante la Supervisión de los Parámetros.

8. Bibliografía

[2]. Orden FOM/3200/2007, de 26 de octubre, por la que se regulan las condiciones para el gobierno de embarcaciones de recreo.

[3] Embarcaciones de recreo. Desarrollo de la orden 17/06/1997 (RCL 1997\1696 que regula las condiciones para su gobierno. Resolución de la Dirección General de la Marina Mercante del 30 de diciembre de 1997. BOE del 9 de enero de 1998, núm. 8 (Pág. 529)

[4]. Gerardo González Filgueira. L. Carral, J.A. Fraguela, A. G. Ascaso. “Sistema de Adquisición de datos Electrónico para Medida de Estabilización de Embarcaciones de Altura y de Recreo”. XX Congreso Panamericano de Ingeniería Naval, Transporte Marítimo e Ingeniería Portuaria. Sao Paulo. Brasil 22-26 Octubre de 2007.

[5]. Luis Carral Couce, Iñigo Echenique Gordillo, Alfonso García Ascaso, Jose Ángel Fraguela Formoso, Gerardo González Filgueira. “Proyecto S.I.S. - Un Sistema de Estabilización para la Flota Pesquera”.. XX Congreso Panamericano de Ingeniería Naval, Transporte Marítimo e Ingeniería Portuaria. Sao Paulo. Brasil 22-26 Octubre de 2007.

[6] The National Marine Electronics Association (NMEA). http://www.nmea.org/.

[7] Beléndez, A., Beléndez, T. Neipp C. *Estudio estático de un cable homogéneo bajo la acción de su propio peso: Catenaria*. Revista Española de Física 15(4) 2001, págs. 38-42

[8] Adler, C. *Catenaries on the Computer: A Freshman Physics Assignment*. The Physics Teacher, Vol 37, April 1999, pp. 254-255.

[9] SIMATIC WinCC flexible. Flexibilidad en todas las aplicaciones HMI –desde el Micro Panel hasta el PC. http://www.automation.siemens.com.

[10] Gerardo González Filgueira, Cesar A. Vidal Feal. *Autómatas Programables. Programación y Entorno*. Reprografía Noroeste, S.L. 2005. ISBN: 84-96474-03-8. Santiago de Compostela (A Coruña). España, pp. 283-306.

Teaching Engineering in the 21st Century

Volker Bertram, Germanischer Lloyd, Hamburg/Germany,
volker.bertram@GL-group.com

The paper discusses expected or desirable changes in teaching engineering, in particular post-graduate training in maritime technologies. Several factors drive the changes: changes in students, changes in technology, changes in expectations from industry and governments. These drive what we need to teach and how we need to teach. A different teaching infrastructure with possibly different providers is expected to evolve. There will be winners and losers in the evolution. The paper discusses both market and technological aspects, highlighting challenges and pitfalls of new technologies like e-learning. The paper argues in favor of pedagogy driven education rather than technology driven education.

1. Introduction

A new method to the 3d flow around a ship on shallow water and in oblique waves is a safe topic for an engineering conference. An estimated three colleagues may be interested to start with. A suitable mixture of complex equations, daunting diagrams and colorful displays will evoke admiration, little interest and no aggression. In comparison, education in engineering is a dangerous topic. All engineers have been exposed to the topic (as students). It is a bit like soccer:

- It used to be better in the past.
- The players (students) today just do not want to work anymore. Shame on them!
- The coaches (professors) are incompetent. We could do a better job.
- It is still great fun to talk about…

Teaching has changed over time. When I studied in Germany in the early 1980s, all professors used blackboard and chalk. Today, a mixture of PowerPoint and blackboard (or whiteboard) prevails. Discussions about future teaching employ terms like “web-based

teaching", "e-learning"[1] or "m-learning"[2]. This comes typically with reorganisation of departments and curricula, introduction of further quality management procedures and reduction of budgets. One must be a politician or university president to understand how this will result in better engineers for our industries. I am neither. But I have spent half my professional life in teaching and the other half in industry. I also have been involved in several workshops and projects on future teaching in maritime technologies (naval architecture, marine engineering, ocean engineering, etc.).



Teaching over time (around 1940, 1975 and 2008)

A lot of the new teaching technology has been driven by mass teaching markets like language teaching. Here the financial incentives are higher due to much higher numbers of students. In addition, there is a traditionally much higher focus on pedagogy and openness to multi-media teaching. Much of what is now discussed for maritime teaching has been tested (with successes and failures) in other fields like language teaching, law, and medicine. Highly specialized engineering (like graduate training in maritime technologies) is different from these fields in required skills, available market size, and other aspects. Some approaches that work for example in English teaching do not work for teaching naval architecture.

Despite changes in students and technologies, there are some constants in our fundamental guidelines to teaching:

- Teachers are expensive, students are cheap. So we need to encourage students to work outside class time.

[1] E-learning describes learning (or teaching) through the use of assorted technologies, mainly Internet or computer-based. Students rarely, if ever, are face-to-face with each other or teachers.
[2] M-learning describes learning through the use of mobile devices, particularly mobile telephones.

- Students should use tools that they are familiar with. For my generation, that meant books. For the new generation of students, this may increasingly mean computers and even hand-held devices (blackberries).
- Communication with peers should be encouraged. This happened too little in my days as a student. Later, team projects for design tasks and independent projects were encouraged. Internet technology allows virtual meeting rooms for students. While popular for “net-working” (gossiping), I am not aware of any real academic benefits in our field. However, traditional team work continues to work well and team communication is then automatically based on internet and mobile phones.
- Modern teaching approaches advocate: Make teaching competitive, make it fun! We shall move from education to edutainment, where students are entertained while learning quasi without noticing it. This is easier in language education than in engineering. Material science was no fun when I studied, still is no fun, and is unlikely to ever be fun. No pain, no gain. If the fun approach does not work, pressure and control is still the next best thing.

2. Changing conditions

The introduction has already mentioned several of the driving factors shaping our teaching: budgets, technology, and politics. The demographic and political changes are fairly universal. They will be discussed in the following subsections.

2.1. Different students

Students these days are not what they used to be. We heard this sentence when we were students from our professors. We hear it today, and it is the same in Japan, France, Germany, or Chile:

- They do not want to study as much as we did
- They cannot even write properly in their mother tongue
- They only want to play with programs; they are not interested in “real” science (i.e. the mathematics involved in fluid or structural analyses)

These are not senile professors ranting who have a selective memory of their past. There are real changes, due to changes in the way of life and upbringing of children. Today's children are exposed to computers before they go to school. *Prensky (2001)* calls them "digital natives": "Today's average college grads [in the USA] have spent less than 5,000 hours of their lives reading, but over 10,000 playing video games […] It is very likely that our students' brains have physically changed […] ." These digital natives are our raw material and they are different from us, with strong points and weaknesses:

- They are used to getting information fast. They google rather than open 20 books in a library.
- They prefer graphics to texts.
- They prefer random access to information (like hypertext links)
- They function best when networked
- They thrive on instant gratification
- They prefer games to serious work.

Does any of this sound familiar? My generation of teachers is called "digital immigrants" by *Prensky (2001).* We are always one generation behind in the latest technology tools. Digital Immigrants have to teach Digital Natives. We cannot change the raw material we get. Instead, we should work on understanding them better and try to adapt our teaching to them, without sacrificing our goal to teach them what we know (or believe) to be important in their later professional career.

2.2. Changing political frameworks

Several political trends influence the evolution of teaching in our industry:

- There is an increasing demand for life-long training, upgrades on new developments in legislation and technology. This trend is further enforced by the transition from 5-year diploma courses to 4-year bachelor courses in many countries (like Germany and France). Industry engineers looking for continuous training are willing to spend more money, but less time and will favor on-site training rather than on-campus training. The demand for distance learning will increase.
- The transition towards a unified bachelor-master-PhD system in Europe (following the Bologne treaty) intends to reduce thresholds between the various states in making

university degree compatible. This means that students will have more choice in where they can study naval architecture. The winners of the resulting competition between universities are likely to be large Anglophone universities.

- Funding for education is reduced in most countries. There is a trend to "privatize" state universities, cutting their budgets and encouraging them to generate more own income.

2.3. New media

The "new" media invariably involve computer technology, frequently involving remote and/or distributed access to information. Technology develops and new terms come and go. After initial hype and large investments, universities and other higher learning institutes experience frequently a sobering disillusion and disappointment.

An example may illustrate the problems encountered: "Self-access centers" (SAC) are educational facilities designed for student learning that is at least partially, if not fully self-directed. Students have access to a variety of multi-media resources for self-directed learning. The Hong Kong University of Science and Technology promotes SACs as follows: "Self-access learning gives you the opportunity to develop initiative, responsibility, self-awareness, confidence and independence in learning. It is about making choices and having flexibility in learning." This sounds great in theory, but SACs more often than not fail to live up to these expectations, for a variety of reasons:

- It is expensive to set up a good self-access center. Universities like to boast having a self-access center, but do not want to pay much. Token efforts are a waste of money when it comes to SACs.
- SACs are frequently poorly staffed. Some existing teacher or technician gets tasked with running the new multi-media lab. There is no budget for hiring a dedicated expert or even for training the responsible.
- Material gets stolen.
- SACs were set up as a once-off prestige object, often with external once-off funding. There is no budget for maintenance and upgrades. As a result, half the computers do not work.
- Students have no time or are not motivated to use them, at least not for studying.

3. Challenges and Trends

The requirements for future engineering teaching involve some changes in university infrastructure and teacher profiles:

- More teaching will have to be based on e-learning and short courses (duration 1 to 3 days) to supply industry demand for life-long training.
- Teachers will continue with some traditional tasks (selection or creation of appropriate teaching material for learners, monitoring of results, evaluation of learners), even if based on different media.
- "Edutainment" will require more frequent changes of media and topics than traditional teaching.

New media may or may not offer better ways of teaching, but we should not accept a technology-driven pedagogy. Pedagogy comes first. First we must decide what to teach, and then we can decide how to teach it. The appendix lists some goals compiled during a workshop on future ship designers. The elementary learning techniques to teach these goals are (largely) media independent and migrate naturally into web-based teaching:

	Traditional	e-learning
watching	blackboard	PowerPoint imbedded videos
reading	Books Lecture notes	Books Internet texts
doing	Exercises Assigned homework/projects Laboratory work	Exercises (web-based) Assigned homework/projects Virtual lab visits
testing/evaluating	In class	On-line Homework submission

Here the pedagogy remains largely the same. The change is gradual and there is better acceptance among the traditional teaching body. In principle, all traditional elements in our curricula could migrate to digital form, except for traditional laboratories and visits to

industry sites. The vast majority of the colleagues in my generation defend traditional laboratory time. Personally, I find it expensive and ineffective in teaching. If you really want to learn experimental techniques, make an internship or project in a professional testing facility. If you just want some hands-on feeling on some physical behavior (e.g. lift on a wing in a wind tunnel) then a virtual (numerical) lab could serve a similar purpose. So, in principle, migration to e-learning should be feasible. Then, why don't we see widespread e-learning activities in our industry and why fall most efforts short of their targets?

There are many factors contributing to the slow transition in our field:

- Often, there is no or only insufficient budget for the conversion to electronic teaching.
- Our best teachers are often not computer literate and the computer gurus lack competence in the subject matter and often also in pedagogy for engineers.
- E-learning is frequently not desirable:
  - You have no feedback from the students (do they understand the material?)
  - E-learning requires self-discipline and maturity, frequently not found in our average high-school graduate;
  - E-learning requires more technological skills from teachers and students; frequently the teacher poses more problems

Some web-based techniques to support teaching are found in most universities. At Ensieta (www.ensieta.fr), we employed Moodle (http://en.wikipedia.org/wiki/Moodle) as platform for the teaching of naval architects and offshore engineers. Students can access teaching schedules, lecture notes, assignments, and even grades via this platform. The project was moderately successful. The "download" center was readily accepted. Moodle also made it easier to integrate special students that spend part time in industry (in other cities) and followed part time courses at Ensieta.

In Germany, four universities offering naval architecture and ocean engineering at graduate level and the research group "instructional design and interactive media" joined forces within the multi-million project mar-ing to develop e-learning infrastructure and material, *Bronsart and Müsebeck (2007).* Some years later, the video conference facilities are used for occasional lectures by visiting lecturers from industry or academia. Each university continues to use the

developed material, but no mention of core lectures being offered in distance learning could be found.

We should not be surprised. The same mechanisms have prevented a text book culture in our field:

- The enormous effort to develop and update material for specialized topics cannot be recuperated.
- Professors like to use their own material, because some topics are not covered in a book, or not explained in a way the professor likes.

We will therefore not see a rapid e-learning development as e.g. in English teaching. Still, the demand (and pressure) is there to develop e-learning courses. This will be easier for those that have already all material in English and have larger shared resources, e.g. university centers counseling on e-learning.

5. Conclusions

Content is more important than transmission. Flashy e-learning portals do not substitute qualified teachers. But e-learning is particularly interesting for commodity subjects (English, business administration, mathematics, etc for engineers) and needs to be pursued for life-long learning. The business is likely to go to larger universities in the Anglo-Saxon domain and may lead to further decline in small naval architecture faculties around the world.

Disclaimer and Acknowledgements

These views were personal views, based on discussions with colleagues, workshops on the theme, literature studies and discussions with peers and some personal thoughts. They are not official views of Germanischer Lloyd or the University of Stellenbosch, where I teach. Tracy Plowman of GL Academy has been very helpful in opening my eyes to new teaching technologies and guiding me in my literature studies on e-learning.

References

BRONSART, R.; MÜSEBECK, P. (2007), *E-learning for higher education in naval architecture and ocean engineering*, 6th Int. Conf. Computer and IT Applications in the Maritime Industries (COMPIT), pp.488-495
http://www.ssi.tu-harburg.de/doc/webseiten_dokumente/compit/dokumente/compit2007_cortona.pdf

PRENSKY, M. (2001), *Digital natives, digital immigrants*, On the Horizon, MCB University Press, Vol. 9 No. 5
http://www.marcprensky.com/writing/

RUSLING, S. (2005), *Teaching future warship designers*, Summary Report of the ONR/ONR Global International Workshop held at UCL, University College London, s_rusling@meng.ucl.ac.uk

Appendix: Requirements for Naval Architects

The following is based on an ONR workshop on Future Warship Designers, *Rusling (2005).* In discussion between (mostly US American) representatives of industry and academia, the following items were listed as guidelines for future curricula for naval architecture:

- Good base in naval architecture / engineering principles
    - strength analyses, structural design and production
    - hydrostatics / stability and ship design (rules, layout, estimation methods)
    - hydrodynamics
    - marine engineering
- Computer literate
    - CAD proficiency seen as main gap
    - Level of competence (hours spent with specific software) should be recorded
    - Naval architecture is increasingly applied computer science and less mechanical engineering
- Hands-on experience
    - as worker and as engineer
    - at sea / at shipyard
- more specialized knowledge 7 more mathematics at post-grad level
- soft skills
    - ability to study independently
    - creative with feel for viability of solutions
    - enthusiastic
    - team capability
- management skills
    - project management
    - communication
    - basic legal frameworks for contract / work laws
    - motivation
- engineering English
    - vocabulary (incl. mathematical expressions)
    - technical / scientific communication in English

XXI CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERÍA NAVAL, TRANSPORTE MARÍTIMO E INGENIERÍA PORTUARIA - MONTEVIDEO 2009

EFECTO DE LA CRISIS ECONÓMICA EN EL MERCADO MARÍTIMO INTERNACIONAL

Dr. José González Cobas
Centro de Investigación y Desarrollo del Transporte
Carretera del Cristo No. 3, Casablanca, La Habana 11700.
Correo Electrónico: jgcobas@it.transnet.cu

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es ofrecer una panorámica del desarrollo de las crisis económicas internacionales en general y su repercusión en el sector naval y marítimo portuario.

La primera parte del trabajo ofrece una panorámica de las crisis internacionales en los últimos 40 años sus orígenes y efectos para el mundo. De la misma forma se ofrece similar panorámica de los efectos de dichas crisis para el sector marítimo internacional, exponiéndose informaciones de las variaciones que han experimentado fletes y alquileres de buques en sus distintas modalidades, así como los precios de buques de los distintos tipos en los diferentes períodos de los últimos años en el mercado internacional.

Finalmente se ofrecen reflexiones acerca de la repercusión de la crisis económica actual del mundo y algunas ideas de cómo el sector marítimo en nuestro país debe enfocar dicha crisis con vistas a un ulterior desarrollo de la marina mercante nacional.

ABSTRACT

The aim of this paper is to offer a general situation of international economic crisis and its influence in shipping.

In the first part of the paper, origins and effects over the world of last 40 years of international economical crisis are shown. At the same time is analyzed the crisis effect into shipping and

shipbuilding, where is showed different data about freights and charter variations, in its several modes, like the last year prices of different type of vessels in the maritime market.

Finally the paper offer recommendations about consequences of the actual world crisis and some ideas as how the Cuba maritime sector must to face this crisis in order to national merchant fleet development.

----------o----------

EFECTO DE LA CRISIS ECONÓMICA EN EL MERCADO MARÍTIMO INTERNACIONAL

INDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN	**3**
2. **DESARROLLO DEL TRABAJO**	**3**
La historia en el último medio siglo	***3***
Las consecuencias de la crisis	**7**
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	**12**
BIBLIOGRAFÍA	**13**
ANEXOS	**14**

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos meses, muchas cosas han ocurrido en el mundo, y especialmente en el sector marítimo. La economía y el transporte, en general, han estado fuertemente sacudidos por las alternativas de la crisis internacional originada en las economías más desarrolladas, que tomó fuerte expresión durante los últimos meses. Ello aconteció en el marco de un proceso expansivo del sector, con fuertes inversiones en equipo y en infraestructura, que seguían a una importante expansión de la demanda. Actualmente existe ya sobre-tonelaje y algunos proyectos están siendo revisados o suspendidos; los precios de la actividad presentan fuertes caídas, en especial en este último trimestre, aumenta la proporción de buques amarrados sin trabajo, y existe preocupación respecto al futuro inmediato.

Las preguntas principales respecto a la crisis se refieren a su profundidad y extensión en el tiempo; pero estas preguntas son también válidas para la actividad marítima, la duración y profundidad de la crisis económica han hecho que los efectos sobre la industria marítima hayan importantes en lo que va de año y podrán ser más dramáticos en lo que resta del presente y seguramente en el 2010.

Es objetivo del presente trabajo ofrecer una panorámica del desarrollo de las crisis económicas internacionales en general y su repercusión en el sector naval y marítimo portuario.

La primera parte del trabajo ofrece una panorámica de las crisis internacionales en los últimos 40 años sus orígenes y efectos para el mundo. De la misma forma se ofrece similar panorámica de los efectos de dichas crisis para el sector marítimo internacional, exponiéndose informaciones de las variaciones que han experimentado fletes y alquileres de buques en sus distintas modalidades, así como los precios de buques de los distintos tipos en los diferentes períodos de los últimos años en el mercado internacional.

Finalmente se ofrecen reflexiones acerca de la repercusión de la crisis económica actual del mundo y algunas ideas de cómo el sector marítimo en nuestro país debe enfocar dicha crisis con vistas a un ulterior desarrollo de la marina mercante nacional.

2. DESARROLLO DEL TRABAJO

La historia en el último medio siglo

La economía global

Es un buen momento para revisar y refrescar que ha pasado y las crisis que atravesó la industria marítima en los últimos 40 años. El Gráfico 1 muestra la evolución del transporte marítimo, en su conjunto, en relación a los principales indicadores de construcción naval (contratos de construcción de nuevos barcos para cada año, entregas anuales y cartera total al final de cada año).

El gráfico señala las cinco grandes crisis internacionales desde 1970, sin contar la actual, que también tiene un origen en las finanzas internacionales . La primera de las crisis se ubica en 1973. En aquel año se concretó la decisión de Estados Unidos de abandonar la convertibilidad de los dólares al oro, dando lugar a la eliminación del sistema de Bretton Woods –de tipos de cambio fijos– que rigió a partir del final de la Segunda Guerra Mundial. Pero además produjo la segunda devaluación del dólar, después de la realizada en 1971.

Pero el 17 de octubre de 1973, las naciones árabes aprovecharon la escasez mundial de petróleo y cuadruplicaron el precio, (En 1974 el precio del petróleo llegó a $11.5 por barril, desde $ 2.5 en octubre de 1973)aplicando un embargo a los países que hubieran apoyado al Estado de Israel en la guerra. También debido a permanecer aún cerrado el canal de Suez, los banqueros y otros buques en camino a Europa debían dar vuelta al Cabo de Buena Esperanza en sur África, con el consiguiente aumento también de los fletes. Así con esta acumulación de situaciones, el mundo cayó en recesión, pero entró además en un proceso inflacionario, con un sistema monetario internacional que se había desmembrado.

En 1979, comenzó la llamada "segunda crisis del petróleo", que produjo una subida de los precios del petróleo y de los productos industriales, pero también una caída de los precios de los productos básicos, aumento de los tipos de interés reales, grandes movimientos (fugas) de capitales, disminución de los ingresos por exportaciones por la baja de los precios de los productos primarios y de la reducción del volumen total exportado.

En su conjunto, los antes mencionados fenómenos dieron origen a la "crisis de la deuda" de los países en desarrollo, especialmente de América Latina, con graves desequilibrios en las balanzas de pagos.

La siguiente gran crisis tiene lugar a inicios de los años ´90, junto con los problemas financieros en los países escandinavos y la grave situación financiera de Japón (las burbujas). Sin embargo, otros hechos ocurrían en aquellos años y que pueden ser recordados, como el conocido "lunes negro" de Wall Street de 1987 que arrastró a las bolsas de todo el mundo, la debacle nuevamente ocurrida en 1989, la caída del muro de Berlín, los cambios políticos en la ex Unión Soviética y su área de influencia, etc., como así también la crisis del Sistema Monetario Europeo, ocurrida entre 1992 y 1993.

Pasando la mitad de la década, la gran crisis siguiente se originó en el Sudeste Asiático, en 1997, precedida de otras, como por ejemplo el denominado "efecto tequila". La crisis comenzó con la devaluación en Tailandia, y afectó gravemente a Corea, Malasia, Filipinas e Indonesia, pero desembocó en una crisis global.

Finalmente, en el inicio del nuevo milenio, aparece la última gran crisis internacional -precedente a la actual. Diferentes sucesos, como la crisis de las punto.com, debacles bursátiles varias, pérdidas de confianza internacional, corridas hacia activos conservadores, etc. se sumaron a los acontecimientos del año siguiente, en particular los ataques del 11S. La crisis de inicios de la década actual fue también global y afectó severamente a varios países latinoamericanos y caribeños.

La economía del sector marítimo

El sector marítimo y portuario siempre resultó y resultará afectado por las crisis internacionales, en mayor o menor medida; como se verá, se trata de un sector muy sensible a las crisis.

Dos momentos deben ser especialmente mencionados, y corresponden a las llamadas primera y segunda crisis del petróleo (1973 y 1979) ya mencionadas con anterioridad. La crisis en si misma, y la posterior recesión económica, provocaron una enorme cantidad de buques amarrados y sin trabajar y una secuencia importante de cancelación de órdenes de construcción naval. Los astilleros alrededor del mundo se encontraron con una gran capacidad de producción sin uso.

La órdenes de construcción de buques se redujeron un 65% entre 1973 y 1974, y la caída continuó hasta 1978, en que registró una cantidad de órdenes que era el 10% de las de 1973. Debido a que hubo una parte de las órdenes de construcción naval que se mantuvieron, el volumen de entregas se mantuvo creciente hasta 1976, aunque a partir de aquel año también comenzó a declinar. Es interesante observar el crecimiento de la cartera de construcción acumulada, que registró entre 1972 y 1973 una notoria y alta pendiente positiva. Sin embargo, durante los cinco años posteriores se repite la misma pendiente, pero con signo negativo (la gran declinación de la cartera de construcción entre 1974 y 1979).

En carne propia la flota cubana pagó más de $ 13,0 millones de USD por buques cargueros daneses de 14,000 TPM y 15 nudos, contratados en 1975, cuando en 1969 había pagado solo algo más de $5,0 millones de USD por cargueros suecos de alto Standard con 15,400 TPM y 18 nudos.

Sin embargo, junto con la segunda crisis del petróleo, se inicia un doble efecto dañoso: cayó el volumen total de mercancías transportadas por mar, al mismo tiempo que hubo nuevos efectos perniciosos sobre la construcción naval.

Respecto al primero, se inició un periodo de retracción del transporte por agua que se prolongó desde 1980 a 1985, con cinco años seguidos de crecimiento negativo. Sin embargo, a partir de 1986, y hasta 2007, se mantuvo el crecimiento positivo del transporte marítimo en su conjunto (contenedores, bulk, tanker y otros), a una tasa media anual de aproximadamente 3.5%. A lo largo de todo el periodo, que fue de constante crecimiento, solamente se observan dos momentos de estancamiento, en 1998 (crecimiento de 0.1%) y en 2001 (1%), pero no se repitió una situación de decrecimiento.

Más adelante se expone que para el segmento de transporte de contenedores el comportamiento fue siempre positivo, evidenciando que los efectos sobre el transporte marítimo son distintos entre los segmentos. En este sentido debe tomarse en cuenta que el contenedor es una variante moderna y avanzada tecnológica y económicamente de la transportación de carga general, por lo que la crisis de transportación de carga general queda a cargo de los buques del tipo carguero o multipropósito, pues aún queda mucha carga por contenedorizar y este mercado aún es joven. A pesar de lo cual también se ha deprimido.

La construcción naval tuvo altibajos; sin embargo, nunca recuperó las tasas decrecimiento previas a 1973, sino hasta treinta años después: 2003 - 2004 y 2005 -2007 (considerando la pendiente de la cartera). Luego de caer entre 1973 y 1978, la segunda crisis del petróleo interrumpe una ligera recuperación, prolongando la caída o el estancamiento hasta finales de la década de los años ’80. Es la crisis de inicios de los noventa la que vuelve a interrumpir otra tímida recuperación; sin embargo entre el año 1992 y la crisis asiática se insinúa una recuperación, que luego de superar la caída del ’98, encuentra un pico en las órdenes de construcción del año 2000, en el que por primera vez desde 1972 se supera el tonelaje ordenado para construcción (casi 30 años después). Nuevamente en 2001 y 2002 hay una disminución de órdenes y un estancamiento en la cartera, pero el año 2003 inicia el periodo de mayor auge, con crecimientos constantes de las órdenes de construcción, de las entregas de buques y de acumulación de cartera pendiente.

En todo el periodo considerado, debe observarse especialmente aquel que transcurre entre 1975 y 2002, cuando se observa el estancamiento de la construcción naval, cuyas órdenes de nuevos buques crecieron a una tasa anual promedio de 2.49 %, mientras que el transporte demandó un crecimiento casi igual (2.52 %). En consecuencia, es factible advertir que toda la euforia previa de construcción naval, al menos entre 1970 y 1974, da lugar a un exceso de oferta de capacidad de transporte que se traslada para varios años después de ocurrida.

En este período, en la década de los años 80 los astilleros de Sur América casi fueron paralizados, pues los niveles de capacidad utilizada rondaron el 10 %. También problemas financieros con las paridades monetarias en dichos países conllevaron que los precios de las construcciones en los mismos no compitieran con sus similares del Asia y de Europa del Este, lo que llevó a muchos a la bancarrota. En paralelo y debido a políticas neoliberales implantadas, en la mayor parte de los países latinoamericanos, se eliminaron las leyes de reserva de cargas, so pretexto de incrementar la eficiencia y disminuir los costos en el transporte internacional con la abierta participación en el mismo de las flotas extranjeras. Consecuencia de ello, la quiebra de la mayoría de los armadores nacionales, a los que tampoco los gobiernos ayudaron para financiar la adquisición de nuevos buques más eficientes: Las flotas nacionales prácticamente desaparecieron en América Latina.

Para el segmento de tanqueros, a partir de 1973 se configura una situación de exceso de oferta de capacidad de transporte que se extiende hasta el año 2003: 30 años. El sobre-tonelaje indicado es un efecto muy claramente estudiado en el ciclo marítimo, que explica históricamente el comportamiento de oferta y demanda en el transporte, con efectos sobre el nivel de precios y de los insumos de la actividad marítima. Sin embargo, la aprobación por parte de la OMI de regulaciones para la operación de buques tanqueros con doble casco impulsó a no pocos armadores a la renovación de sus flotas, cuestión esta que aprovechó especulativamente la industria naval y ayudó a disparar los precios de los nuevos buques, que prácticamente triplicaron sus precios en los años subsiguientes.

Respecto a la crisis actual, la caída del consumo mundial ha frenado el tráfico de las importaciones y exportaciones, desdibujando el mapa de las rutas marítimas y alterando su trazado. Las principales navieras han puesto en marcha sus planes estratégicos para adaptarse a la caída de la demanda. como ocurrió después de 1973, es posible ver un comportamiento similar, con una gran disponibilidad de buques, sean graneleros o portacontenedores, pero

que ahora parece menos atractiva al estar navegando con muchos espacios vacíos en su interior, con lo que aumenta la flota ociosa, amarrada, sin trabajo.

En un mercado mundial donde anualmente se mueven más de 155 millones de TEUs (datos estimativos de 2008) la actual estructura ha quedado sobredimensionada. Proliferan los acuerdos entre compañías para ofrecer servicios conjuntos, gigantes portacontenedores quedan en dique seco mientras que otros disminuyen su velocidad para reducir costes en combustible. El Canal de Suez es sorteado a favor del cabo de Buena Esperanza, no importa aumentar unos días el tiempo de tránsito cuando estamos hablando de ahorrar millones de euros al año, no sólo por el precio del peaje sino por el recargo que cobran las aseguradoras por cruzar el Golfo de Adén, donde los ataques de piratas han proliferado en los últimos años. Las reestructuraciones y fusiones de los servicios dificultan saber cuántas rutas se han reducido.

Según información reciente en febrero estaban amarrados un total 427 buques portacontenedores con una capacidad total de 828.009 TEU, “una cifra considerablemente más alta de lo que algunos analistas pensaban. De estos buques, 41 tienen más de 5.000 TEU, 71 entre 2.500 y 4.999 TEU, 138 entre 1.000 y 2.500 TEU y el resto, 177 buques, menos de 1.000 TEU.

En el mercado de petroleros "la espiral descendente podría durar hasta 2011” Un estudio consultado señala que, en los próximos dos años, la flota mundial de petroleros aumentará en 60 millones de tpm y se desguazarán 45 millones de tpm de este tipo de buques, en cumplimiento del calendario de la OMI para eliminar progresivamente los petroleros monocasco. Asimismo, un 70% de la flota mundial de petroleros tiene menos de 9 años. El banco alemán DVB predice que el sector "vulnerable" de los VLCC será el siguiente en experimentar un descenso importante.

La bajada de los precios del combustible y los incrementos de los peajes del Canal de Suez y del Canal de Panamá ha llevado a las navieras a presionar a las autoridades de ambos canales para que cancelen el aumento de los peajes de 2009 e incluso realicen rebajas en sus tarifas. Mientras que el Canal de Suez ha accedido a la congelación de los precios de peaje de forma indefinida, no así el de Panamá.

Entonces, la pregunta fundamental es que tan larga y profunda es la crisis que viene después de 2008, que primero fue financiera (dividida en dos etapas: de solvencia y de liquidez), después afectando a la economía real y finalmente, a la industria marítima. Respecto a la actual crisis financiera y económica, “qué tan larga” y “qué tan profunda”, se convierten en preguntas cruciales para el futuro de la industria marítima, y son los grandes temas y desafíos para nuestro sector. Como consecuencia de toda la situación antes esbozada del mercado internacional de las finanzas y los productos y tal como siempre lo esperan los especialistas y estudiosos de la economía marítima, el mercado de fletes y buques en este caso se ha desplomado, después de un boom del mercado internacional de productos que inversamente a lo actual se produjo a partir del año 2004.

Las consecuencias de la crisis

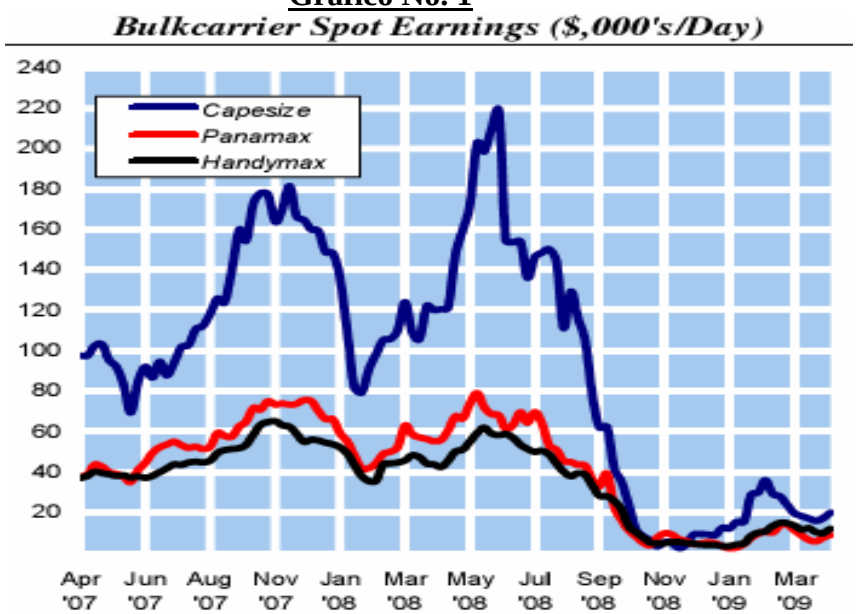
A continuación expondremos algunas cifras que ilustran lo antes señalado en nuestro sector comparando los niveles de fletes y precios de buques para cargas secas.

Tabla No. 1 - Alquiler de buques por viaje
Trip Charter en USD / Día

Tipo de Buque	2007	2008	Promedio 1er. Trim 2009	Abril 24/09
Panamax	**56,909**	**48,876**	**10,064**	**13,875**
Handymax 52,000	**47,582**	**41,113**	**10,949**	**14,188**
Handymax 45,000	**42,583**	**36,245**	**9,548**	**12,125**

Los niveles promedios de esta modalidad de fletamento están rondando el 20% de los valores del 2007 y el nivel medio obtenido en fines de Abril no cambia las lúgubres las expectativas, pues ese ligero aumento en comparación con el promedio de inicios del año, parece deberse a la demanda que ofrecen los contratos de transportación de las cosechas cerealeras del hemisferio Sur y que producen un pico de transportación que se une con la demanda de similar cosecha del hemisferio Norte en el verano nuestro. En la gráfica No. 1 que sigue se puede ver este efecto para los tres tamaños tipificados de buques.

Grafico No. 1



Bulk Carrier Timecharter Market

1 Year T/C...		Average Rate $/day 2006	2007	2008	To Date 2009	Apr 24
Capesize	Modern	45,246	106,918	111,529	25,265	24,500
Panamax	Modern	22,155	52,317	55,637	13,507	14,250
Super H'max	Modern	21,881	45,702	45,510	11,632	13,000
Handymax	Modern	19,432	39,870	38,673	10,088	11,000
Handy	Modern	14,710	28,120	29,486	8,676	9,750
Capesize	"CSBC"	37,624	90,327	89,582	20,441	21,500
Capesize *	1980s	20,529	45,135			
Panamax	1980s	15,236	40,926	44,697	7,147	7,625

3 Year T/C...		Average Rate $/day 2006	2007	2008	To Date 2009	Apr 24
Capesize	Modern	36,365	75,808	82,260	23,721	21,000
Panamax	Modern	17,736	39,774	44,356	14,382	14,000
Super H'Max	Modern	16,772	33,750	33,788	12,244	12,250
Handy	Modern	12,520	21,863	21,837	9,759	9,750
Capesize	"CSBC"	29,413	63,077	70,053	18,441	18,000
Panamax	1980s	10,101	28,168	28,837	7,456	7,000

Mercado de alquiler por tiempo

En la Tabla No. 2 que sigue se presenta el comportamiento del mercado de alquiler por tiempo de graneleros:

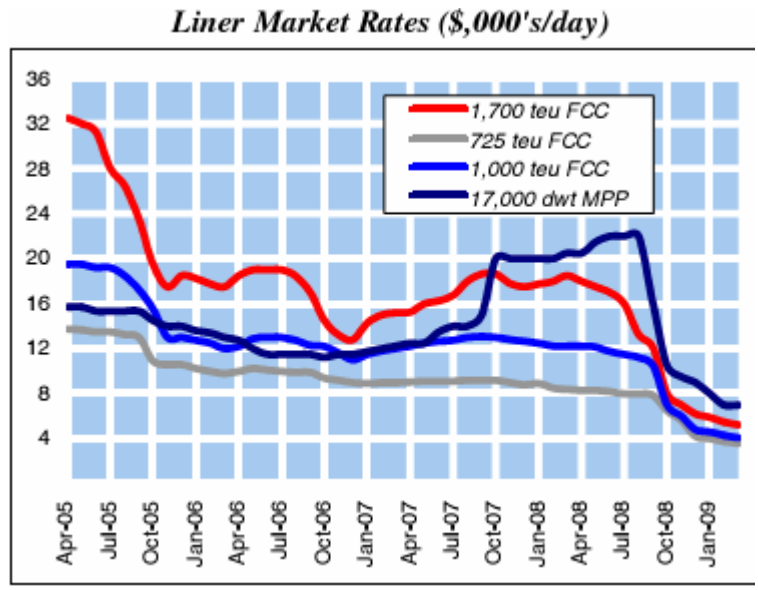
Tabla No. 2

El mercado de alquiler por tiempo se presenta con niveles inferiores a los del alquiler por viaje, lo cual es lógico de cara a una crisis

cuyo momento de recuperación no se puede vislumbrar y mas en este mercado en que el nivel de buques en construcción y contratados ha alcanzado un nivel record, no existiendo, al menos en términos de contratos, espacio en los astilleros de construcción hasta después del año 2011. Consecuencia de lo antes planteado es que los alquileres en contratos por tres años resultan aún más bajos que los de un año vista.

Otra cosa ha sucedido con el mercado de buques portacontenedores y multipropósito, con una menor afectación en la crisis, dado por el motivo de que estos buques trabajan en líneas regulares como norma y sus períodos de fletamento es en general por largos períodos de tiempo, que varía desde uno a tres años y aún mayores. La crisis en estos buques se refleja en el aprovechamiento de sus slots y si la crisis se extiende en el tiempo, como se prevé la actual, es que entonces comienzan a quedar buques disponibles. Vease en el gráfico no.2 que sigue el comportamiento de este mercado en los últimos cuatro años a partir del boom del 2004 que para estos tipos de buques fue muy ligero, pues la afectación principal fue para los graneleros.

Gráfico No. 2



En la Tabla No. 3 que sigue se presenta el comportamiento numérico del gráfico anterior en promedios anuales de time charter por día de los distintos tamaños de portacontenedores y multipropósito de 9,000 y 17,000 TPM.

Tabla No. 3
Promedios anuales del alquiler diario de buquew portacontenedores y multipropósito

Container / MPP / Short Sea Markets	Average				2008 2009			Liner
	2005	2006	2007	2008	Jan	Feb	Mar	Apr
Container Vessels ($/Day)								
Feedermax, 725 teu grd.	12,775	9,817	9,054	7,563	4,000	3,750	3,600	3,600
Handy, 1,000 teu grd.	17,700	12,350	12,500	10,346	4,600	4,300	4,100	4,100
Handy, 1,700 teu grd.	27,146	17,079	16,613	14,108	5,900	5,500	5,250	5,250
Sub-P'max, 2,000 teu g'less	28,750	18,392	19,696	16,313	6,500	6,200	5,900	5,900
Sub-P'max, 2,750 teu g'less	34,813	22,646	26,292	21,958	8,500	7,000	6,200	6,200
Panamax, 3,500 teu g'less	38,427	26,583	29,958	26,125	10,500	9,500	7,450	7,450
MPP Tonnage ($/Day)								
17,000 dwt, grd. 1 yr. t/c (liner)	14,983	12,083	14,792	17,792	8,000	7,000	7,000	7,000
9,000 dwt, 1 yr. t/c (liner)	12,213	10,192	10,708	10,199	6,500	6,000	6,000	6,000

Los niveles de alquiler en el pasado mes de abril para los buques que arriban a nuestro país -no Feeder- han disminuido entre un 50% y un 66% respecto al valor medio del 2008 y los multipropósito entre un 40% y un 60%.

Compra - venta de buques de Carga Seca

El mercado de buques de segunda mano se muestra con una alta repercusión debido a lo anteriormente expuesto, los buques más viejos se han comenzado a amarrar y en dependencia de la economía del armador se están poniendo a la venta, mostramos algunos ejemplos de operaciones realizadas durante Abril / 09 y otras realizadas tan solo hace un año:

Tabla No. 4 - Operaciones seleccionadas realizadas en Abril / 09

Tipo de Buque	Medios de carga	TPM	Año de Construcción	Precio en Millones USD
Carga Gral.	Gruas 2 x 15	6,830	1996	3,8
Granelero	,, 3 x 25	24,345	1995	11,1
,,	,, 4 x 30	27,365	1997	14,0
,,	Idem	46,610	1997	17,0
,,	Idem	26,435	1995	10,0
,,	Idem	35,366	1999	15,0
,,	Idem	32,355	2004	20,0
,,	Idem	45,700	1995	15,5

Operaciones seleccionadas realizadas a fines del 2007 e inicios del 2008

Tipo de Buque	Medios de carga	TPM	Año de Construcción	Precio en Millones USD
Carga Gral.	Gruas 1 x 50	6,569	1999	11,0
,, ,,	,, 2 x 25	2,012	1990	5,5
,, ,,	,, 2 x 30	11,885	2001	21,0
Multiprop.	500 Teu´s	9,804	2002	14,8
,,	387 Teus´s	14,451	1997	12,0
Granelero	Gruas 4 x 30	46,644	2000	63,5
,,	Sin medios	42,968	1990	31,0
,,	Gruas 4 x 30	28,399	1995	39,5

Las diferencias de precios hablan por si solas. Si se tiene mercado, sobre todo cautivo, es tiempo de comprar buques.

Mercado de Nuevas Construcciónes

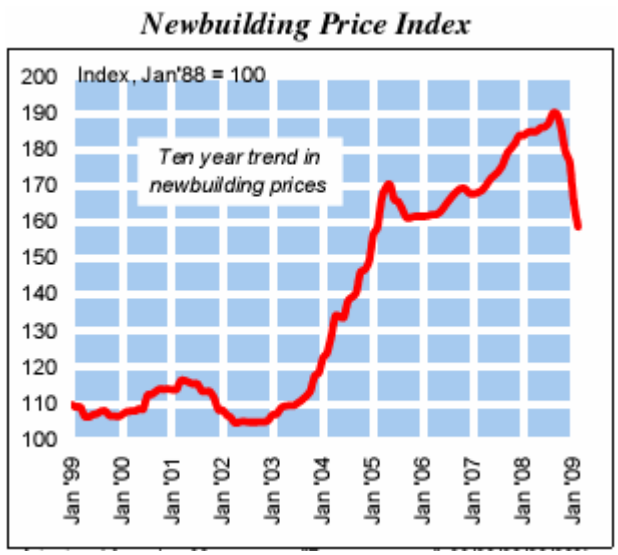
En la tabla No. 5, (*) a la derecha se puede ver como ha evolucionado este mercado en los últimos tres años y la tendencia a la baja. Es notable la baja de precios respecto al 2007 y al 2008, lo que ha llevado los mismos a los niveles del 2006 e incluso inferiores.

Tabla No. 5

Newbuilding Prices		Year End, $m.			Th
		2006	2007	2008	Apr
Tankers					
VLCC	320,000 dwt	129.0	146.0	150.0	130.0
Suezmax	157,000 dwt	80.5	90.0	91.0	73.5
Aframax	115,000 dwt	65.5	72.5	75.0	65.0
Handy	51,000 dwt	47.0	52.5	47.5	43.5
Bulk Carriers					
Capesize	180,000 dwt	68.0	97.0	88.0	72.0
Panamax	76,000 dwt	40.0	55.0	46.5	36.5
Handymax	57,000 dwt	36.5	48.0	42.0	35.0
Handysize	35,000 dwt	29.5	38.0	32.5	28.0
Gas Vessels					
LPG	82,000m³	92.0	93.0	92.0	83.0
LNG	160,000m³	222.0	237.0	245.0	233.0
Dry Cargo					
Container	3,500 teu	51.0	53.0	60.0	46.0
Container	1,100 teu	22.0	27.5	25.0	19.0

* Los precios en USD a final de cada año 2006 – 2008 y los precios promedio en el pasado mes de Abril / 09.

Debe considerarse que los precios de las construcciones navales solo pueden ser rebajados hasta descontar el nivel de especulación dado por las circunstancias coyunturales, los distintos materiales y equipos que requiere un buque depende de infinidad de productos y fuerza de trabajo que nunca hará descender los precios hasta niveles anteriores a los aumentos salariales dados por cada productor en particular.



<u>Grafico No. 3</u>.

En el gráfico No. 3 se aprecia lo ocurrido en el mercado de nuevas construcciones navales en los últimos 10 años en términos muy generales. Las alzas se corresponden en buena medida a niveles especulativos por la falta de capacidades en astilleros en un momento de boom del mercado a partir del 2004. Es nuestra opinión que el descenso debe llegar solo hasta niveles de entre el 130% y el 140% respecto al nivel base del 1988 tomado como referencia, pues debido a los años transcurridos entre 2004 a la fecha, la estabilización de insumos y producción de materiales, equipos y maquinarias para los buques no podrá resistir más reducciones de precios.

<u>El brusco desplome de los fletes se mantendrá "mucho tiempo" más allá del final de la crisis.</u>

Según expusimos con anterioridad la secuencia de las crisis anteriores han sido:

En la Fase 1 (1963-73), tanto la demanda como la oferta crecieron rápidamente y el mercado fue próspero.

La Fase 2 (1974-88) comenzó con la crisis del petróleo de 1973 y una burbuja de construcción naval. Como resultado, durante toda una década no hubo apenas crecimiento de la demanda mientras había una notable sobrecapacidad de flota y de construcción naval. Esto provocó un largo periodo de depresión que se prolongó hasta 1988.

Luego, en la Fase 3 (1988-97), el comercio repuntó, pero el mercado tuvo aún que absorber el excedente de oferta, de tal forma que los fletes en ese periodo se mantuvieron en general bajos. Finalmente, en la Fase 4 (1998-2008), el comercio creció rápidamente y hubo déficit de flota, de modo que el mercado de fletes experimentó un ”boom”.

El año 2008 indicó la presencia (o el inicio) de una crisis (posiblemente severa) para los asuntos marítimos, lo cual incluye sobre tonelaje, caída de fletes, astilleros plenos de órdenes en progreso (las cuales fueron acordadas a precios muy altos) y proyectos portuarios para expansión de capacidad bajo severa revisión.

La crisis posible del sector marítimo proviene de la crisis internacional que atraviesa el mundo actualmente. Sin embargo, la historia nos muestra que el sector marítimo es muy sensible a dichas crisis y de su extensión y profundidad depende el grado de impacto esperable. El riesgo de sobre tonelaje y exceso de oferta es preocupante, aún cuando hemos visto que los patrones de conducta del transporte son estables.

Las bajas de los fletes son una buena noticia en el corto plazo para el sector productivo y el comercio internacional, para nuestros importadores y exportadores, dado que actualmente nuestro país no tiene prácticamente flota mercante. Sin embargo, tales magnitudes de caída, como también lo fueron las anteriores subidas y la alta volatilidad, indican la existencia de un problema más grande que llama a preocupación.

El sector marítimo portuario constituye la extensión del comercio internacional, sin el cual nuestro país "**NO PUEDE SUBSISTIR"** y la profundidad de la crisis internacional que afecte la actividad económica y la demanda de transporte por agua, viendo la experiencia histórica de coincidencia de crecimientos tan marcados en la cartera de construcción naval (1972-1973, repetidos en la última fase del ciclo: 2003-2004 y 2005-2007), que cuando fueron acompañados de procesos recesivos largos marcaron momentos dramáticos para la industria marítima (en sus varios aspectos, incluyendo el transporte, el empleo y la construcción naval, entre otros). Recuérdese la existencia de efectos, como los mencionados, que en algunos casos llegaron a los 30 años.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La crisis posible del sector marítimo proviene de la crisis internacional que atraviesa el mundo actualmente.
- La historia nos muestra que el sector marítimo es muy sensible a dichas crisis y de su extensión y profundidad depende el grado de impacto esperable.
- El riesgo de sobre tonelaje y exceso de oferta es preocupante para los armadores.
- Las bajas de los fletes son una buena noticia en el corto plazo para el sector productivo y el comercio internacional, para nuestros importadores y exportadores, dado que actualmente nuestro país no tiene prácticamente flota mercante.
- El sector marítimo portuario constituye la extensión del comercio internacional, sin el cual nuestro país "**NO PUEDE SUBSISTIR".**
- La flota debe desarrollarse para participar en el comercio en aquellas áreas en que resulte eficiente su explotación con mínimos lastres y en donde gane fletes por cargas entre terceros y mediante la utilización de los buques adecuados.
- La explotación de la flota debe ser con el régimen medio internacional, lo que solo se logrará en nuestro caso operando en un esquema financiero cerrado en que los recursos para la operación y mantenimiento salgan de sus mismos ingresos y las ganancias anuales coadyuven al pago de fletes en direcciones en que la operación con buques propios no sea eficiente.

- La adquisición de buques debe hacerse aprovechando las coyunturas del mercado internacional.

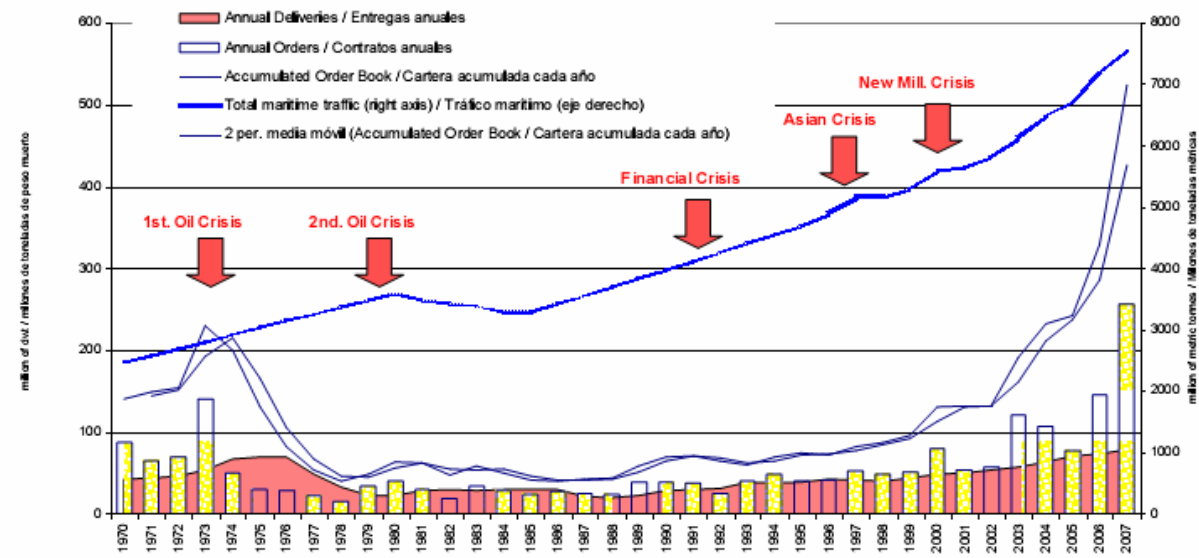
- Se deben comprar los buques con especificaciones y parámetros adecuados a nuestras necesidades.
- Promover la creación de un esquema financiero para la construcción naval en países Suramericanos aprovechando las oportunidades del ALBA, para pagar los buques con el ahorro en fletes.
- Un sector marítimo fuerte y consolidado, con puertos que operen eficientemente, con una flota que opere eficientemente ofertando fletes razonables, es necesario para la actividad productiva y comercial, y para "ASEGURAR" el desarrollo económico de un país como el nuestro que: "ES Y SEGUIRA SIENDO UNA ISLA".

Bibliografía

Boletín Informativo de ANAVE nº 484, Marzo 2009.
CEPAL: Boletín Informativo No. 36. Santiago de Chile, Enero 2009.
Informes varios del Lloyd's MIU, Londres, 2008 y 2009.
Reportes del Mercado Marítimo Internacional . IMER. Varios reportes. La Habana, 2009.
Shipping Intelligence Weekly. Clarkson Research Services Lted. 2008/2009.

ANEXOS

Gráfico 1 El largo plazo en la industria marítima



Fuente: Ricardo J. Sánchez, CEPAL, Naciones Unidas sobre información de ANAVE, Fearnleys y UNCTAD

Gráfico 2 Fletes de transporte de contenedores. Indice 2001-2008, base 2002=100

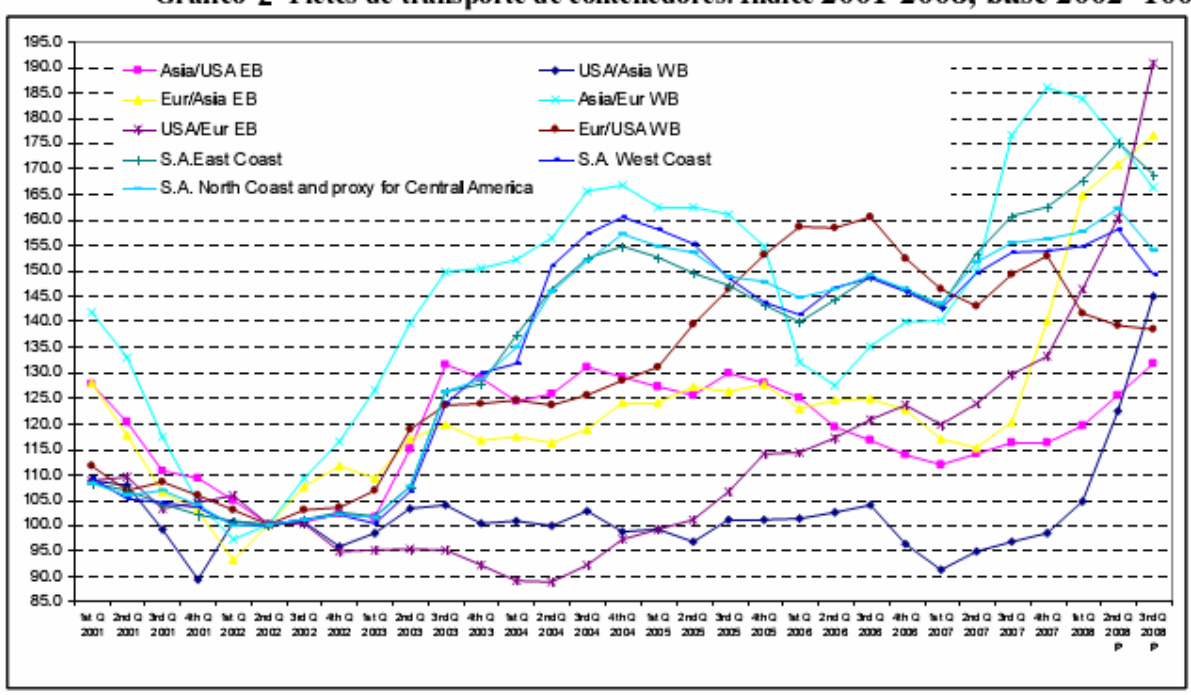
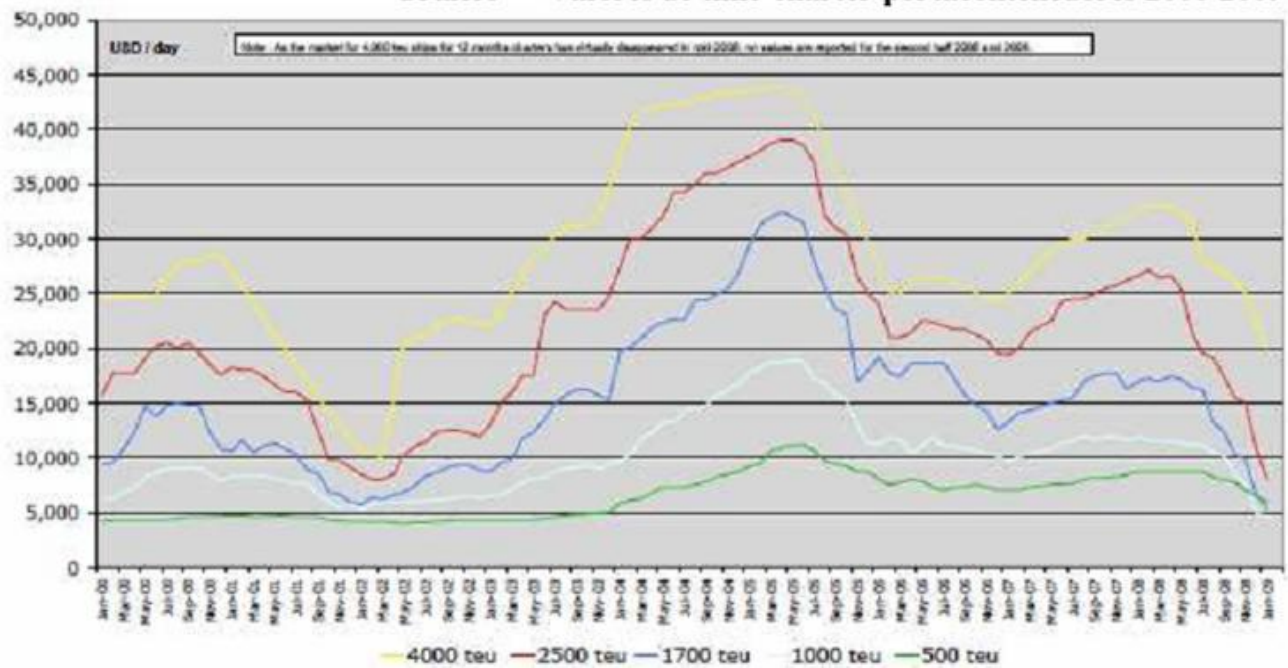


Gráfico 3 Valores de time-charter portacontenedores 2000-2009





XXI COPINAVAL

XXI CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERÍA NAVAL

18 al 22 de octubre de 2009

Hotel Radisson Victoria Plaza
Montevideo, Uruguay

Organiza:

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL
IPIN
1966

PROGRAMA

WWW.COPINAVAL2009.COM

Comité Organizador

Ing. Julio Cóppola
Presidente del XXI Congreso Panamericano de Ingeniería Naval y Portuaria

Presidente
Ing. Ernesto Marta

Secretario
Ing. Germán Aguirrezabala
Responsable Académico

Ing. Jorge Freiría
Responsable Académico

Vocales
C/C (R) Sergio Chertkoff
Sr. Enrique de Souza
Ing. Fernando Puntigliano
C/N (CIME) Raúl Rodriguez
C/F (CIME) Marcelo Pacheco
Ing. Mario Tedesco

Comité Evaluador

ARGENTINA
Mario Colpachi
Mónica Fiore
Juan Antonio Alonso
Emilio Feijóo

BRASIL
Marcelo Neves
Toshi-ichi Tachibana
Carlos Daher Padovezi
Newton Narciso Pereira
Rui Carlos Botter
Hernani Luiz Brinati
Rosa Maria Padroni
Clemente Rendón
Marcelo Martins
José Henrique Sanglard
Bernardo Andrade
Jose Marcio Vasconcelos
Floriano Martins Pires Jr
André Bergsten Mendes

CHILE
Patricio Sepúlveda Araos
Peter Roberts Olcay
Marcos Salas Insunza

COLOMBIA
Juan Contreras Montes
Javier Serrano
Jorge Carreño Moreno

CUBA
Osmany Zamora Meralla
González Cobas, José R.
Amado F. Galiano Ortíz

ECUADOR
Marcelo Paredes Tobar
Cristobal Mariscal
Marcelo Paredes Tobar
Cristobal Mariscal

ESPAÑA
Luis Pérez Rojas
Luis Carral Couce
José Ángel Fraguela Formoso
Eugenio Muñoz Camacho

PERU
Victor Eleno Obregón Pizarro
José Villagomez
Anwar Julio Yarin Achachagua

MÉXICO
Marvin Gutierrez

URUGUAY
Germán Aguirrezabala
Mario Tedesco
Jorge Freiria
Julio Cóppola
Alejandro Fernandez
Julio Chocca
Yamandú Marín

VENEZUELA
Carmen Cecilia Lobo

Auspician

Ministerio de Industría, Energía y Minería
Ministerio de Transporte y Obras Públicas
Ministerio de Turismo y Deporte
Astillero de la Armada
Dique de la Armada
Facultad de Ingenieria
Cámara de Industrias Navales
Centro de Navegación
Asociación de Peritos Navales
Asociación de Ingenieros Navales del Uruguay
Intendencia Municipal de Montevideo

Estimados amigos:

Bienvenidos al XXI Congreso Panamericano de Ingeniería Naval que se desarrollará en Montevideo, Uruguay, entre el 18 y 22 de octubre del presente año.

Hemos aceptado el desafío de sumar voluntades e inteligencias, de potenciarlas con el afecto y la sinergia que surgen cuando nos reunimos, para tener una nueva oportunidad de trabajar juntos por el progreso de la Ingeniería Naval y todas las industrias y servicios que moviliza.

Nuestra actividad se multiplica si aumenta la seguridad de la vida humana en el mar, si se cuida el medio ambiente y se protegen los bienes de capital. ¿No están estos temas en las agendas de nuestras Armadas, de las Sociedades de Clasificación y de muchas Organizaciones No Gubernamentales? Todos ellos tendrán su tiempo y su espacio durante los próximos días

Para crecer, también nos hace falta energía, por eso habrá un capítulo especial dedicado a la extracción de petróleo mar adentro, en la plataforma continental. Del mismo modo, existirán sesiones dedicadas a la educación, la investigación, el transporte fluvial y marítimo, la reparación y la construcción naval, la actividad portuaria y más, como ocurre habitualmente en los congresos y simposios organizados por el Instituto Panamericano de Ingeniería Naval, se plantearán temas nuevos que nos sorprenderán.

Las empresas —todas ellas, las grandes y las pequeñas, las nacionales y las internacionales— tendrán en MARINEXPO 2009 (la exposición que acompaña al XXI COPINAVAL) una vidriera en la cual exponer con orgullo la bondad de sus productos y el fruto de su buena administración en tiempos difíciles.

En este buque, llamado industria naval, ninguno de nosotros es pasajero: somos todos tripulantes. Por eso, nuestra convocatoria es la misma que se hace a bordo de un velero cuando las circunstancias así lo exigen: ¡Todos a cubierta!

Gracias por acompañarnos en Montevideo!!

Ing. Julio Cóppola
Presidente del XXI Copinaval

Ing. Ernesto Marta
Presidente del Comité Organizador

DOMINGO 18

BALLROOM A

15:30 a 18:00 Acreditaciones

18:00 a 19:00 Acto de Apertura

19:00 a 20:45 Cocktail

LUNES 19

BALLROOM A

09:00 a 10:00 Acreditaciones

10:00 a 11:00 Conferencia

El impacto del desarrollo logístico regional en las actividades industriales

Conferencista: *Fernando Puntigliano (Uruguay)*

11:00 a 12:00 Trabajos Libres

Diseño y Construcción

091 **10:30**

EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD, SISTEMA DE PROPULSIÓN Y SISTEMA DE GOBIERNO DEL ARC MANACACÍAS PARA OPTIMIZAR SU DESEMPEÑO OPERACIONAL EN EL RÍO META

SERRANO TAMAYO, JAVIER[1] *; CARREÑO MORENO, JORGE ENRIQUE[2]

* Colombia - [1] ESCUELA NAVAL ALMIRANTE PADILLA; [2] COTECMAR

070 **10:50**

PROJETO ESPECIAL DE PROPULSORES DE EMBARCAÇÕES FLUVIAIS

DAHER PADOVEZI, CARLOS[1] *

* Brasil - [1] INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS DO ESTADO DE SAO PAULO

191 **11:10**

CRITERIA FOR DESIGNING NOISE AND VIBRATION COMFORT OF PASSENGERS ON BOARD OF SHIPS

BIOT, MARCO[1] *; DE LORENZO, FRANCESCO[2]

* Italia - [1] University of Trieste; [2] Fincantieri Shipyard

12:00 a 14:00 Almuerzo

Almuerzo libre

14:00 a 15:00 Trabajos Libres

Gestión y Producción

179 **14:00**

ESTUDIO TÉCNICO DE LOS MÉTODOS DE ALINEAMIENTO EN EJES DE PROPULSIÓN PARA EMBARCACIONES PESQUERAS

PALACIOS ARANDA, MIERWEN[1] *; YARIN ACHACHAGUA, YASSER HIPÓLITO[1]; YARIN ACHACHAGUA, ANWAR JULIO[2]

* Perú - [1] UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA; [2] UNIVERSIDAD NACIONAaL DE INGENIERIA

007 **14:20**

IMPORTANCIA DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DE PESOS EN LA PRODUCCIÓN DE EMBARCACIONES RÁPIDAS EN MATERIALES COMPUESTOS. CASO DE ESTUDIO: LPR

MORANTE VILLAREAL, ROBERTO[1] *; TASCÓN OSCAR, DARIO[1]

* Colombia - [1] COTECMAR

174 **14:40**

IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CUSTEIO EM UM NAVIO OCEANOGRÁFICO

OLIVEIRA, ARY CARLOS DE[1] *; SCHLEDER, ADRIANA MIRALLES[2]

* Brasil - [1] Instituto Oceanográfico da USP; [2] FISP - Faculdades Integradas de São Paulo

15:00 a 16:00 Trabajos Libres

Gestión y Producción

159 **16:30**

CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS Y METROLOGÍA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN BUQUE EN GRADA

NAYA, SALVADOR[1] *; FRAGUELA, JOSE ANGEL[1]

* España - [1] Universidad de A Coruña

012 **16:50**

ANÁLISIS PRÁCTICO DE ALINEACIÓN DE LARGAS LÍNEAS DE EJES DEL SISTEMA PROPULSIVO DE BUQUES

LUGO VILLALBA, RICARDO[1] *; MÉNDEZ ALGARRA, GERMÁN[1]; RAMÍREZ VILLALBA, CATHERINE[2]

* Colombia - [1] COTECMAR; [2] Universidad Nacional de Colombia

024 **18:00**

LA BUSQUEDA DE LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA INDUSTRIA NAVAL

ALONSO, JUAN ANTONIO[1] *

* Argentina - [1] x

16:00 a 16:30 Coffee break

16:30 a 17:30 Conferencia

Teaching engineering in the 21st century

Volker Bertram (Alemania)

17:30 a 18:30 Conferencia

ClassNK activities on LGC carriers

Cortesía de NIPPON KAIJI KYOKAI

Akio Usami (Japón)

BALLROOM B

11:00 a 12:00 Trabajos Libres

Puertos

021 **10:30**

ANALISIS DE BAJANTES EN PUERTO QUEQUEN

FIORE, MÓNICA[1] *; ONOFRIO, ENRRIQUE[2]; HERRERO, FABIO[3]; STADELMANN, MÓNICA[4]; SOBRE-CASAS, MARÍA M.[4]

* Argentina - [1] Servicio de Hidrografía Naval; Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos - FCEN - UBA; [2] Servicio de Hidrografía Naval; Instituto de Geodesia y Geofísica Aplicadas - FIUBA; [3] Consorcio Gestión Puerto Quequén; [4] Servicio de Hidrografía Naval

053 **10:50**

ESTUDO DE VIABILIDADE DE EMPREENDIMENTO SOB A ÓTICA DA VIDA ÚTIL: O CASO DE MODERNIZAÇÃO DO PORTO NOVO DO RIO GRANDE - RS- BRASIL.

COSTA DE MATTOS, FLÁVIA[1] *; RODRIGUES DIAS, CLÁUDIO[1]; TAVARES GUIMARAES, ANDRÉ[1]; ZENI, ANDRÉ[2]

* Brasil - [1] UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE; [2] x

110 **11:10**

MEJORAS TECNOLÓGICAS EN LA MANIPULACIÓN DE CARGA GENERAL EN EL PUERTO DE CIENFUEGOS

SÁNCHEZ GARCÍA, JESÚS A[1] *

* Cuba - [1] EMPRESA SERVICIOS PORTUARIOS DEL CENTRO

12:00 a 14:00 Almuerzo

Almuerzo libre

14:00 a 15:00 Trabajos Libres

Transporte Marítimo y Fluvial

066 **14:00**

PLANEJAMENTO DE UM SISTEMA DE TRANSHIPMENT PARA A EXPORTAÇÃO DE CARVÃO UTILIZANDO SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS

BOTTER, RUI CARLOS[1] *; PEREIRA, NEWTON NARCISO[1]; MEDINA, ALFONSO CELSO[1]; MATTOS DE CASTRO DE ARAGAO, MARCELO[1]; DOS SANTOS SILVA, RODOLFO CELESTINO[1]
* Brasil - [1] DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA NAVAL E OCEANICA DA EPUSP

099 **14:20**

EL SERVICIO DE TRANSPORTE ACUÁTICO DE PASAJEROS EN CUBA. DIFICULTADES ACTUALES Y POSIBLES SOLUCIONES

HERRERA GONZÁLEZ, JORGE[1] *
* Cuba - [1] CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DEL TRANSOPORTE

143 **14:40**

INFLUÊNCIA DE GRANDES EVENTOS MACROECONÔMICOS NA INDÚSTRIA MARÍTIMA MUNDIAL: UMA ANÁLISE SOB A ÓTICA DA DINÂMICA DE SISTEMAS

JOAQUIM SANTOS, JOAQUIM ROCHA DOS SANTOS[1] *
* Brasil - [1] Universidade de São Paulo

15:00 a 16:00 Trabajos Libres

Hidrodinamica

164 **16:30**

ALGORITMO PARA LA PREPARACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CONDICIÓN DE FONDEO EN YATES

CARRAL COUCE, LUIS[1] *; FRAGUELA FORMOSO, JOSE ANGEL[1]; GONZÁLEZ FILGUEIRA, GERARDO[1]; RODRÍGUEZ GUERREIRO, MARÍA JESÚS[1]; RIVERA DOMÍNGUEZ, MARIO[1]; CARRAL COUCE, JUAN CARLOS[2]
* España - [1] Universidade da Coruña; [2] Carral Marine

015 **16:50**

ENSAYO DE RESISTENCIA AL AVANCE: EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRES EN MEDIDAS

FREIRIA PEREIRA, JORGE[1] *
* [1] FACULTAD DE INGENIERÍA

034 **17:10**

ANÁLISE DA OPERAÇÃO DE NAVIOS PORTA-CONTÊINERES EM VELOCIDADE REDUZIDA

NUÑEZ GARCIA, JORGE ALBERTO[1] *; BRINATI, HERNANI[1]
* Brasil - [1] Departamento de Engenharia Naval e Oceanica da EPUSP

BALLROOM C

11:00 a 12:00 Trabajos Libres

Buques de pesca

122 **10:30**

INDICE DE RIESGO DE LA FLOTA PESQUERA ESPAÑOLA DE LITORAL Y ARTESANAL.

CORREA, FJ[1] *; SÁNCHEZ, JM[1]; SAN CRISTÓBAL, JR[1]
* España - [1] UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

014 **10:50**

PESQUERO POLIVALENTE PARA LA REGIÓN ORIENTAL VENEZOLANA

VÁSQUEZ SALAZAR, JOSÉ EFRAÍN[1] *
* Venezuela - [1] Universidad de Oriente

206 **11:10**

MANIOBRABILIDAD DE BUQUE PESQUERO

NEVES, MARCELO[1] *; CIPRIANO, WILLIAM[1]
* Brasil - [1] COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro

12:00 a 14:00 Almuerzo

Almuerzo libre

14:00 a 15:00 Trabajos Libres

Diseño y Construcción

027 **14:00**

PROYECTO PARA LA REPARACIÓN / REMODERNIZACIÓN DIQUE DE CARENA Nº2 BASE NAVAL PUERTO BELGRANO

LERSIA, OMAR NORBERTO[1] *; NICOLINI, OSVALDO[1]; BOCCARDO, GERARDO[1]
* Argentina - [1] ARMADA ARGENTINA

033 **14:20**

ALTERNATIVAS PARA A ADAPTAÇÃO DE NAVIOS DE CASCO DUPLO À NORMAS DA MARPOL

ALBAINE FARIAS DA COSTA, LUISA[1] *; KALEFF, PETER[1]; TAPIA REYES, MARTA CECILIA[1]
* Brasil - [1] UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

165 **14:40**

DESAFIOS PARA O RESSURGIMENTO DA CADEIA DE FORNECEDORES NAVAIS NO BRASIL

FAVARIN, JULIO V. R.[1] *; ANDERSON, VALDIR L.[1]; AMARANTE, RODRIGO M.[1]; GALLARDO, ALFONSO P.[1]; PINTO, MARCOS M. O.[2]
* Brasil - [1] Centro de Estudos em Gestão Naval - CEGN / USP; [2] Departamento de Engenharia Naval e Oceanica - USP

15:00 a 16:00 Trabajos Libres

Estructuras

180 **16:30**

ANALISIS DE UNA BARCAZA CON ARREGLO DE ARBOLADURA POR EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

YARIN ACHACHAGUA, YASSER HIPÓLITO[1] *; PALACIOS ARANDA, MIERWEN[1]; YARIN ACHACHAGUA, ANWAR JULIO[1]
* Perú - [1] UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

023 **16:50**

INFLUENCIA DE IMPERFECCIONES INICIALES EN LA INESTABILIDAD DE CÁSCARAS CILÍNDRICAS DELGADAS

FEIJÓO, EMILIO[1] *; CARRARA, J.C.[2]
* Argentina - [1] Universidad Austral; [2] x

193 **17:10**

STATE OF THE ART OF LIFE PREDICTION METHODS FOR FATIGUE DESIGN OF MARINE STRUCTURES

BIOT, MARCO[1] *; URCIA LARIOS, MANUEL[2]; MORO, LORENZO[1]
* Italia - [1] University of Trieste; [2] Istituto Statale di Istruzione Superiore Nautico "Tomaso di Savoia Duca di Genova"

FLORIDA

11:00 a 12:00 Trabajos Libres

Medio Ambiente

121 **10:30**

EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL PROVOCADO POR LAS PINTURAS ANTIINCRUSTANTES UTILIZADAS EN LAS EMBARCACIONES DE RECREO EN LOS PUERTOS DEPORTIVOS DE GALICIA (ESPAÑA).

RODRÍGUEZ GUERREIRO, M.J.[1] *; FRAGUELA FORMOSO, A.[1]; GONZÁLEZ FILGUEIRA, G.[2]; MUÑOZ CAMACHO, E.[1]; CARRAL COUCE, L.[1]
* España - [1] UNIVERSIDAD A CORUÑA; [2] DPTO. INGENIERÍA INDUSTRIAL

120 **10:50**

DISEÑO Y EXPERIMENTACIÓN EN MODELO FÍSICO DE UNA BARRERA OCEÁNICA DE CONTENCIÓN DE HIDROCARBUROS

FRAGUELA, J.A.[1] *; CARRAL, L.[1]; IGLESIAS, G.[2]; CASTRO, A.[1]; ACASO, A.G.[1]; GONZÁLEZ, G.[1]; RODRÍGUEZ, M.J.[1]
* España - [1] UNIV. A CORUÑA; [2] UNIV. SANTIAGO DE COMPOSTELA

196 **10:50**

GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA DE LOS TANQUES DE LASTRE. UNA NECESIDAD MEDIO AMBIENTAL

NÚÑEZ BASÁÑEZ, JOSÉ FERNANDO[1] *
* España - [1] UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

12:00 a 14:00 Almuerzo

Almuerzo libre

14:00 a 15:00 Trabajos Libres

Educación y Formación

129 **14:00**

UN PARQUE CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO METROPOLITANO, PCTM. SU INFLUENCIA EN EL DESARROLLO TECNOLÓGICO Y SOCIO-ECONÓMICO DE UNA REGIÓN.

GARCÍA ASCASO, ALFONSO[1] *
* España - [1] x

025 **14:20**

LA EXPERIENCIA EN LA CAPACITACIÓN DE LOS RR.HH EN EL ÁREA DE LA SOLDADURA

ALONSO, JUAN ANTONIO[1] *
* Argentina - [1] x

042 **14:40**

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A COMPUTATIONAL ENVIRONMENT FOR NUMERICAL METHODS RESEARCH, APPLICATION AND LEARNING

DE CONTI, MARDEL[1] *; DE SOUZA, CLEBER PAIVA[1]
* Brasil - [1] UNIVERSITY OF SAO PAULO

15:00 a 16:00 Trabajos Libres

Estabilidad

069 **16:30**

PROJETO DE UM INCLINÔMETRO PARA AVALIAÇÃO DE ESTABILIDADE

MENDES, H.C.[1] *; VASCONCELLOS, J.M.A.[1]
* Brasil - [1] Universidade Federal do Rio de Janeiro

077 **16:50**

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE TANQUES ESTABILIZADORES ANTI-ROLL PARA PREVENIR LA RESONANCIA PARAMÉTRICA

NEVES, MARCELO A.S.[1] *; MERINO, JORGE ANTONIO[1]; VILLAGOMEZ ROSALES, JOSÉ CARLOS[1]; RODRÍGUEZ, CLAUDIO A.[1]
* Brasil - [1] x

204 **17:10**

ASPECTOS NO LINEALES DE LA INESTABILIDAD DEL ROLL DE BUQUES EN MAR DE PROA

NEVES, MARCELO[1] *; RODRÍGUEZ C., CLAUDIO[1]
* Brasil - [1] LabOceano, Universidad Federal de Rio de Janeiro

MARTES 20

BALLROOM A

09:00 a 10:00 Conferencia

Los Canales de Ensayo frente a los cálculos numéricos

Luis Pérez Rojas (España)

10:00 a 10:30 Coffee break

10:30 a 11:30 Trabajos Libres

Diseño y Construcción

026 **10:30**

PROYECTO GOLETA BICENTENARIO "SANTA MARIA DE LOS BUENOS AYRES"

CANOURA, JORGE LUIS[1] *
* Argentina - [1] ARMADA ARGENTINA

062 **10:50**

METODOLOGIA PARA ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS DE UM NAVIO DE TRANSPORTE DE GÁS NATURAL COMPRIMIDO

RAMOS MARTINS, MARCELO[1] *; NATACCI, FAUSTINA BEATRIZ[1]
* Brasil - [1] Universidade de São Paulo

215 **11:10**

DOS CASOS PRACTICOS DE INGENIERIA APLICADA EN EMBARCACIONES MENORES ENFOCADOS EN OPTIMIZAR LA PERFORMANCE

COLPACHI, MARIO[1] *; CHAKASS, HORACIO[2]
* Argentina - [1] FACULTAD DE INGENIERÍA - UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES; [2] UNQ

11:30 a 12:30 Conferencia

Nuevas tecnologias para la importación de Gas Natural - *Cortesia de American Bureau of Shipping*

Conferencista: *Harish Patel*

12:30 a 14:00 Almuerzo

14:00 a 15:00 Trabajos Libres

Gestión y Producción

194 **14:00**

DESARROLLO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA (ROBOT) PARA EL FORMADO DE LAS PLACAS CURVAS DEL CASCO DE LOS BUQUES UTILIZANDO LÍNEAS DE CALENTAMIENTO

VEGA, ADAN[1] *; MURAKAWA, HIDEKAZU[2]; SANCHEZ, VICTOR[1]
* Panamá - [1] Universidad Tecnológica de Panamá; [2] Joinning and Welding Research Institute

202 **14:20**

COMPARAÇÃO ENTRE SEQUÊNCIAS DE SOLDAGEM PROGRESSIVA E PASSO REVERSO ATRAVÉS DE ANÁLISE NUMÉRICA E EXPERIMENTAL

ARAUJO, CARLOS ALEXANDRE[1] *; CYRINO, JULIO CESAR RAMALHO[2]
* Brasil - [1] Centro de Projetos de Navios (CPN); [2] Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE - UFRJ)

190 **14:40**

MADUREZ DE UNA PYME EN GESTION DE PROYECTO

CASSANELLI, ANIBAL[1] *; MUÑOZ, MAXIMILIANO[1]

* Argentina - [1] Universidad Nacional de Mar del Plata

15:00 a 16:00 Conferencia

Automatización de soldadura y corte en la Industria Naval - ***Cortesia de ESAB***

Conferencista: *Juan Cáceres Diaz (Argentina)*

16:00 a 16:30 Coffee break

16:30 a 17:30 Trabajos Libres

Gestión y Producción

095 **16:30**

ANALISIS PROSPECTIVO ESTRATEGICO DEL SISTEMA DE COMERCIALIZACIÓN DE UNA EMPRESA DE CONSTRUCCIÓN Y REPARACIÓN NAVAL. (CASO ASTISUR)

BRITO DORTICÓS, LÁZARO[1] *; CASTILLO COTO, ANA LILIA[1]

* Cuba - [1] x

105 **16:50**

GESTIÓN DE LAS COMPRAS EN EL ASTILLERO CDC, CON ENFOQUE DE PROCESO

CAMPOY HERNÁNDEZ, ROSARIO[1] *; LÓPEZ PANEQUE, VIVIAN[1]

* Cuba - [1] CARIBBEAN DRYDOCK COMPANY INC

162 **17:10**

UM SISTEMA 4-D PARA ACOMPANHAMENTO E CONTROLE DE PROJETOS DE CONSTRUÇÃO NAVAL

GUIMARÃES, JOÃO[1] *; PIRES JR., FLORIANO[2]; ASSIS, LUIZ[1]

* Brasil - [1] Escola Politécnica UFRJ; [2] COPPE e EP/UFRJ

17:30 a 18:30 Conferencia

Efecto de la crisis económica en el mercado marítimo internacional

José Gonzalez Cobas (Cuba)

20:30 a 23:00 **Cena de camadería**

Bodega Juanicó – *Cupos limitados*

Mas información en página 14.

Lugar de encuentro: Lobby del Hotel Radisson

Hora: 20:30

Valor del ticket: U$S 55

BALLROOM B

10:30 a 11:30 Trabajos Libres

Offshore

172 **10:30**

ESTUDO DA ESTÁTICA DE LINHAS EM CATENÁRIA, ATRAVÉS DE ANÁLISE DE IMAGENS.

AMARANTE, RODRIGO M.[1] *; FUJARRA, ANDRÉ L. C.[2]

* Brasil - [1] Centro de Estudos em Gestão Naval - CEGN / USP; [2] Departamento de Engenharia Naval e Oceanica - USP

209 **10:50**

PHYSICAL MODELLING TESTS OF ´TURTLE ANCHORS´ IN CENTRIFUGE USING WIRELESS SMART SENSORS NETWORK

RUBENS, RUBENS RAMIRES SOBRINHO[1] *; TACHIBANA, TOSHI-ICHI TACHIBANA[1]; SABOYA, FERNANDO SABOYA JR.[2]; TIBANA, SÉRGIO TIBANA[2]; REIS, RODRIGO M. REIS[2]

* Brasil - [1] Escola Politécnica da USP; [2] Universidade Estadual do Norte Fluminense

074 **11:10**

SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINAMICO BASEADO EM VISÃO COMPUTACIONAL E LASER

BUSCARIOLLO, PAULO HENRIQUE[1] *; MITIO MORISHITA, HELIO[2]; ASSIS AMORIM, ANTONIO EDUARDO[1]

* Brasil - [1] FACULTADE DE TECNOLOGIA DE JAHU; [2] ESCOLA POLITECNICA DA UNIVERSIDADE DE SAO PABLO

14:00 a 15:00 Trabajos Libres

Puertos

112 **14:00**

PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN PARA EL DIAGNOSTICO CORROSIVO-ESTRUCTURAL EN LA SUPERESTRUCTURA DE OBRAS HIDROTÉCNICAS

SINCONEGUI, IGNACIO[1] *; LLORCA, SANDRA[2]

* Cuba - [1] ADMINISTRACIÓN PORTUARIA, MINISTERIO DE TRANSPORTE, CUBA.; [2] EMPRESA CONSTRUCTORA DE OBRAS MARÍTIMAS. MINISTERIO DE LA CONSTRUCCIÓN. CUBA

141 **14:20**

EVOLUCION DE LAS PLATAFORMAS LOGISTICAS EN LATINOAMERICA COMO MODELO DE DESARROLLO EN MATERIA DE INFRAESTRUCTURA, LOGISTICA Y COMPETITIVIDAD

LOBO, CARMEN CECILIA[1] *

* Venezuela - [1] x

166 **14:40**

AVALIAÇAO DA CAPACIDADE DA INFRA-ESTRUTURA DE ARMAZENAGEM PARA OS GRANÉIS AGRÍCOLAS PRODUZIDOS NO CENTRO-OESTE BRASILEIRO

P. GALLARDO, ALFONSO[1] *; STUPELLO, BRUNO[1]; GOLDBERG, DAVID J. K.[1]; CARDOSO, JOÃO S. L.[1]; PINTO, MARCOS M. O.[2]

* Brasil - [1] Centro de Estudos em Gestão Naval - CEGN / USP; [2] Departamento de Engenharia Naval e Oceanica - USP

16:00 a 16:30 Coffee break

16:30 a 17:30 Trabajos Libres

Hidrodinámica

132 **16:30**

ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DINAMICO DE UNA EMBARCACIÓN PESQUERA EN EL MAR PERUANO

YARIN ACHACHAGUA, ANWAR JULIO[1] *; YARIN ACHACHAGUA, YASSER HIPÓLITO[1]; OBREGÓN PIZARRO, VICTOR ELENO[1]

* Perú - [1] UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

088 **16:50**

SISTEMA DE CONTROL DE UN MANIPULADOR PARA UN ROV (REMOTELY OPERATED VEHICLE) QUE SIRVA DE APOYO EN ACTIVIDADES DE SALVATAJE.

ROBERTS OLCAY, PETER[1] *

* Chile - [1] ARMADA DE CHILE

092 **17:10**

GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE CONTROLADORES BORROSO INTERPRETABLES PARA REGULACIÓN DE PROFUNDIDAD DE VEHÍCULO SUBACUÁTICO OPERADO REMOTAMENTE ROV

JIMENEZ CIFUENTES, FREDMAN[1] *; GONZALEZ LEON, HECTOR[1]; CONTRERAS MONTES, JUAN[1]

* Colombia - [1] ESCUELA NAVAL ALMIRANTE PADILLA

Domingo 18

08:00 a 15:30

Arribo Delegados

15:30 a 18:00

Acreditaciones

18:00 a 19:00

Acto de Apertura

19:00 a 20:45

Cocktail

Lunes 19

09:00 a 10:00

Acreditaciones

10:00 a 11:00 — BALLROOM A — Conferencia

El impacto del desarrollo logístico regional en las actividades industriales

Conferencista: Fernando Puntigliano (Uruguay)

BALLROOM A	BALLROOM B	BALLROOM C	FLORIDA
11:00 a 12:00	11:00 a 12:00	11:00 a 12:00	11:00 a 12:00
Diseño y Construcción	**Puertos**	**Buques de pesca**	**Medio Ambiente**
091 - 070 - 191	021 - 053 - 110	122 - 014 - 206	121 - 120 - 196

12:00 a 14:00 — Almuerzo Libre

BALLROOM A	BALLROOM B	BALLROOM C	FLORIDA
14:00 a 15:00	14:00 a 15:00	14:00 a 15:00	14:00 a 15:00
Gestión y Producción	**Transporte Marítimo y Fluvial**	**Diseño y Construcción**	**Educación y Formación**
179 - 007 - 174	066 - 099 - 143	027 - 033 - 165	129 - 025 - 042
15:00 a 16:00	15:00 a 16:00	15:00 a 16:00	15:00 a 16:00
Gestión y Producción	**Hidrodiná-mica**	**Estructuras**	**Estabilidad**
159 - 012 - 024	164 - 015 - 034	180 - 023 - 193	069 - 077 - 204

16:00 a 16:30 — Coffee break

16:30 a 17:30 — BALLROOM A — Conferencia

Teaching engineering in the 21st century

Volker Bertram (Alemania)

17:30 a 18:30 — BALLROOM A — Conferencia

ClassNK activities on LGC carriers

Cortesia de NIPPON KAIJI KYOKAI

Research Manager Akio Usami (Japón)

Marte

09:00 a 10:00 — BALLR

Los Canales frente a los cálc

Profesor Luis Pére

10:00 a 10:30

BALLROOM A	BALLROOM B
10:30 a 11:30	10:30 a 11:30
Diseño y Construcción	**Offshore**
026 - 062 - 215	172 - 209 - 074

11:30 a 12:30 — BALLR

Nuevas tecnologias pa Gas Natural - ***Cortesia de***

Harish

12:30 a 14:00

14:00 a 15:00	14:00 a 15:00
Gestión y Producción	**Puertos**
194 - 202 - 190	112 - 141 - 166

15:00 a 16:00 — BALLR

Automatización de so Industria Naval

Juan Cáceres Di

16:00 a 16:30

16:30 a 17:30	16:30 a 17:30
Gestión y Producción	**Hidrodiná-mica**
095 - 105 - 162	132 - 088 - 092

17:30 a 18:30 — BALLR

Efecto de la crisi el mercado maríti

José Gonzalez

20:30 a 23:00

Cena de c Bodega

es 20

ROOM A — Conferencia

s de Ensayo
culos numéricos
ez Rojas (España)

Coffee break

BALLROOM C	FLORIDA
10:30 a 11:30	10:30 a 11:30
Estabilidad	**Medio Ambiente**
170 - 185 - 205	083 - 087 - 098

ROOM A — Conferencia

ara la importación de
le American Bureau of Shipping
n Patel

Almuerzo Libre

14:00 a 15:00	14:00 a 15:00
Reparaciones	**Educación y Formación**
028 - 144 - 052	054 - 106 - 123

ROOM A — Conferencia

oldadura y corte en la
l - ***Cortesia de ESAB***
iaz - (Argentina)

Coffee break

16:30 a 17:30	16:30 a 17:30
Transporte Marítimo y Fluvial	**Buques militares**
082 - 178 - 187	006 - 089 - 037

ROOM A — Conferencia

is económica en
imo internacional
Cobas (Cuba)

Cena

camadería
Joanicó

Miércoles 21

09:00 a 10:00 — BALLROOM A — Conferencia

Green Vessels
Robert Latorre (Estados Unidos)

10:00 a 10:30 — Coffee break

BALLROOM A	BALLROOM B	BALLROOM C	FLORIDA
10:30 a 11:30	10:30 a 11:30	10:30 a 11:30	10:30 a 11:30
Industria Naval	**Estructuras**	**Hidrodiná-mica**	**Medio Ambiente**
167 - 168 - 169	212 - 032 - 189	137 - 203 - 010	022 - 060 - 182

11:30 a 12:30 — BALLROOM A	11:30 a 12:30 — BALLROOM B
Situación de la Industria Naval en América Latina	**Visita para estudiantes al Canal de Pruebas navales y pesqueras. Facultad de Ingeniería**

12:30 a 14:00 — Almuerzo Libre

14:00 a 15:00	14:00 a 15:00	14:00 a 15:00	14:00 a 15:00
Diseño y Construcción	**Puertos**	**Buques de pesca**	**Educación y Formación**
049 - 067	171 - 216 - 035	114 - 186 - 064	124 - 125 - 214

15:00 a 16:00 — BALLROOM A — Conferencia

Desarrollo de la Industria Naval para la producción de óleo y gas presalt de Brasil - ***Cortesia de PETROBRAS***
Marco Aurelio Latge - (Uruguay)

16:00 a 16:30 — Coffee break

16:30 a 17:30	16:30 a 17:30	14:00 a 15:00	16:30 a 17:30
Gestión y Producción	**Hidrodiná-mica**	**Transporte Marítimo y Fluvial**	**Máquinas y Electricidad**
107 - 117 - 029	217-188-084-078	085-109-200-208	011-017-031-103

17:30 a 18:30 — BALLROOM A — Conferencia

O transporte de cabotagem e a navegação fluvial como fatores para integração da América do Sul
Rui Botter (Brasil)

18:45 a 19:15 — Presentación

PRESENTACIÓN DEL COPINAVAL 2011 y Cierre de Actividades Académicas

Jueves 22

09:00 a 13:00 Tour Post Congreso

Tour Post Congreso

09:00 a 13:00 — Tour

Visita al Dique de la Armada / Visita a Tsakos / Visita a la Liga Marítima

13:00 a 18:00 — Asamblea
Salon de los fundadores

Asamblea IPIN en Liga Marítima

Partida de Delegados

BALLROOM C

10:30 a 11:30 Trabajos Libres

Estabilidad

170 **10:30**

ESTRATEGIAS DE CONTROL PARA ESTABILIZACIÓN DE NAVÍOS
MENDOZA LIRA, FELIPE[1 *]; SEGOVIA VERA, JUAN PABLO[1]
* Chile - [1] Universidad de Concepción

185 **10:50**

VARIATIONS ON TRANSVERSE STABILITY OF FISHING VESSELS DUE TO FISHING GEAR PULL AND WAVES
MANTARI, JOSÉ LUIS[1 *]; RIBEIRO E SILVA, SERGIO[1]; GUEDES SOARES, CARLOS[1]
* Portugal - [1] Instituto Superior Técnico

205 **11:10**

INFLUENCIA DE LA MEMORIA FLUIDA EN LA ESTABILIDAD
SANTOS NEVES, MARCELO DE ALMEIDA[1 *]; CELIS CARBAJAL, MIGUEL ANGEL[1]
* Brasil - [1] Universidad Federal de Rio de Janeiro

14:00 a 15:00 Trabajos Libres

Reparaciones

028 **14:00**

REEMPLAZO DE TUBERIAS DE CUPRONIQUEL QUE CONDUCEN AGUA DE MAR POR OTRAS DE ACERO INOXIDABLE. INVESTIGACION APLICADA
SIMONCINI, PEDRO[1 *]
* Argentina - [1] INSTITUTO UNIVERSITARIO NAVAL

144 **14:20**

EXPERIENCIAS RECOGIDAS EN EL TALLER DE REPARACIONES NAVALES.
SANTOS, PABLO[1 *]
* [1] Tsakos Industrias Navales

052 **14:40**

ESTUDO DAS CAUSAS DA FALHA DE UMA CAMISA DE BRONZE DO EIXO DE PROPULSÃO DE NAVIO E SUAS CONSEQUÊNCIAS
SILVESTRE ABDALLA, FERNANDO ELIAS[1 *]
* Brasil - [1] x

16:00 a 16:30 Coffee break

16:30 a 17:30 Trabajos Libres

Transporte Marítimo y Fluvial

082 **16:30**

UM ESTUDO SOBRE A CABOTAGEM INDUSTRIAL NO BRASIL
DE MATTOS DE CASTRO ARAGAO, MARCELO[1 *]; CELSO MEDINA, ALFONSO[1]; PEREIRA, NEWTON NARCISO[1]; BOTTER, RUI CARLOS[1]
* Brasil - [1] x

178 **16:50**

MODELO PARA SELEÇÃO DE CARGAS NO TRANSPORTE MARÍTIMO DE CONTÊINERES
HASHIBA, TIFFANY[1 *]; NUNES, ERICO[1]; UEDA, RENATA[1]; GALANTE, EDVILTON[1]; BRINATI, MARCO[1]
* Brasil - [1] Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

187 **17:10**

FORMAÇÃO DE REDE DE TRANSPORTE RODOFLUVIAL URBANA NA AMAZÔNIA: O CASO DE BELÉM DO PARÁ
TOBIAS, MAISA SALES GAMA[1 *]; MACHADO, MARICELE SILVA[2]; PAIVA JR, HUMBERTO[3]
* Brasil - [1] Universidade Federal do Pará; [2] Universidade da Amazônia; [3] Centro Universitário de Belas Artes

FLORIDA

10:30 a 11:30 Trabajos Libres

Medio Ambiente

083 **10:30**

UMA ABORDAGEM SOBRE ÁGUA DE LASTRO
PEREIRA, NEWTON NARCISO[1 *]; BRINATI, HERNANI LUIZ[1]; BOTTER, RIO CARLOS[1]
* Brasil - [1] x

087 **10:50**

GUIA DE BUENOS HABITOS AMBIENTALES EN LA SOLDADURA
MATUS PARRA, CARLOS[1 *]
* Chile - [1] ARMADA DE CHILE

098 **11:10**

CONTROL Y PROTECCIÓN BIOLÓGICA DE LAS INSTALACIONES DE VARADA Y PUESTA A FLOTE.
GONZÁLEZ SUÁREZ, ROBERTO LUIS[1 *]
* Cuba - [1] REGISTRO CUBANO DE BUQUES

14:00 a 15:00 Trabajos Libres

Educación y Formación

054 **14:00**

ESTUDO DO ESTILO DE APRENDIZAGEM DO TECNÓLOGO NAVAL E AQUAVIÁRIOS E APLICAÇÃO DO E-LEARNING NA FORMAÇÃO
PADRONI, ROSA MARIA[1 *]; ASSIS AMORIM, ANTONIO EDUARDO[1]; COLENCI JUNIOR, ALFREDO[1]; COLENCI TREVELIN, ANA TERESA[1]; FERRO MERLINI, VERA MARIA[1]; CAÇAO RIBEIRO, GILMAR[1]
* Brasil - [1] x

106 **14:20**

GESTIÓN CON CALIDAD DEL NEGOCIO EN INDUSTRIAS PROCESADORAS DE PRODUCTOS DEL MAR Y ACUÍCOLAS: LA FORMACIÓN DEL PERSONAL Y LA INTEGRACIÓN DE LAS REGULACIONES ISO 9000 Y HACCP EN UN SOLO SISTEMA.
AGUILA VALDÉS, NATASHA[1 *]; HORMAZA MONTENEGRO, LOURDES[1]
* Cuba - [1] EMPRESA DE PROYECTOS NAVALES (CEPRONA)

123 **14:40**

LA ENSEÑANZA DE LA EXPLOTACIÓN DEL BUQUE EN LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA NAVAL. EL PLAN DE BOLONIA EN LA U.P.M.
POLO, GERARDO[1 *]
* España - [1] UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

16:00 a 16:30 Coffee break

16:30 a 17:30 Trabajos Libres

Buques militares

006 **16:30**

OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURAL DE PATRULLERAS DE APOYO FLUVIAL. CASO DE ESTUDIO: PAFL
MORANTE VILLAREAL, ROBERTO[1 *]; MÉNDEZ ALGARRA, GERMÁN[1]
* Colombia - [1] COTECMAR

089 **16:50**

ALGORITMO DIFUSO ADAPTABLE PARA PREDICCIÓN DE TRAYECTORIA DE BLANCO MÓVIL EN SISTEMAS DE CONTROL DE TIRO
GIL NAVIA, FRANCISCO[1 *]; CONTRERAS MONTES, JUAN[1]
* Colombia - [1] ESCUELA NAVAL ALMIRANTE PADILLA

037 **17:10**

AVALIAÇÃO "ON-LINE" DA ESTABILIDADE EM NAVIOS DA MARINHA DO BRASIL

SICURO, DAVID[1] *
* Brasil - [1] INSTITUTO DE PESQUISAS DA MARINHA

MIÉRCOLES 21

BALLROOM A

09:00 a 10:00 Conferencia

Green Vessels

Robert Latorre (Estados Unidos)

10:00 a 10:30 Coffee break

10:30 a 11:30 Trabajos Libres

Industria Naval

167 **10:30**

O PAPEL DAS POLÍTICAS GOVERNAMENTAIS NO DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA NAVAL CINGAPURENSE: UMA PERSPECTIVA HISTÓRICA.

FAVARIN, JULIO V. R.[1] *; GATTAZ, GUILHERME S.[1]; BARROS, TIAGO M.[1]; NETTO, JOSÉ M. Q.[1]; PINTO, MARCOS M. O.[2]
* Brasil - [1] Centro de Estudos em Gestão Naval - CEGN / USP; [2] Departamento de Engenharia Naval e Oceanica - USP

168 **10:50**

DELINEAMENTO DE POLÍTICAS DE ESTÍMULO À COMPETITIVIDADE PARA A CONSTRUÇÃO NAVAL BRASILEIRA.

FAVARIN, JULIO V. R.[1] *; HASHIBA, TIFFANY I.[1]; BARACAT, LEONARDO M.[1]; GOLDBERG, DAVID J. K.[1]; PINTO, MARCOS M. O.[2]
* Brasil - [1] Centro de Estudos em Gestão Naval - CEGN / USP; [2] Departamento de Engenharia Naval e Oceanica - USP

169 **11:10**

DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO EXPLICATIVO DAS CRISES DA INDÚSTRIA DE CONSTRUÇÃO NAVAL MUNDIAL: UMA ABORDAGEM POR DINÂMICA DE SISTEMAS E CENÁRIOS.

FAVARIN, JULIO V. R.[1] *; GALLARDO, ALFONSO P.[1]; ANDERSON, VALDIR L.[1]; SANTOS, JOAQUIM R.[2]; MARTINS, MARCELO R.[2]
* Brasil - [1] Centro de Estudos em Gestão Naval - CEGN / USP; [2] Departamento de Engenharia Naval e Oceanica - USP

11:30 a 12:30 *

Situación de la Industria Naval en América Latina

12:30 a 14:00 Almuerzo

14:00 a 15:00 Trabajos Libres

Diseño y Construcción

049 **14:00**

EMBARCAÇÃO DE PEQUENO PORTE CONSTRUÍDO EM MADEIRA NO AMAZONAS: PROPOSTAS DE MELHORIAS

TONETE, REINALDO JOSÉ[1] *; SIQUEIRA, ANTONIO MARCOS DE OLIVEIRA[1]; BARREIROS, NILSON RODRIGUES[1]; DACOL, SILVANA[1]
* Brasil - [1] UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

067 **14:20**

PROJETO DE EMBARCAÇÕES PARA UM SISTEMA AQUAVIÁRIO DE TRANSPORTE URBANO OU "METRÔ-HIDROVIÁRIO" DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM

TEIXEIRA FILHO, HELENO1 *; BRAGA DE MORAES, HITO1; YUNG HO, KAO1
* Brasil - [1] UFPA

15:00 a 16:00 Conferencia

Desarrollo de la Industria Naval para la producción de óleo y gas presalt de Brasil

Cortesia de PETROBRAS

Conferencista: *Marco Aurelio Latge*

16:00 a 16:30 Coffee break

16:30 a 17:45 Trabajos Libres

Gestión y Producción

107 **16:30**

LA APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE PROCESOS PARA LOS SERVICIOS DE REPARACIÓN NAVAL EN CARIBBEAN DRYDOCK COMPANY

URRUTIA PEÑALVER, LINA[1] *; LÓPEZ PANEQUE, VIVIAN[1]
* Cuba - [1] CARIBBEAN DRYDOCK COMPANY INC

117 **16:50**

SISTEMA INTEGRAL DE GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN LOS ASTILLEROS ASTISUR EN CIENFUEGOS CUBA.

CARRERA GONZÁLEZ, JORGE[1] *; GARCÍA VARELA, WILFREDO[1]
* Cuba - [1] x

029 **17:10**

REPARACION DEL EJE PORTAHÉLICE FISURADO DEL BUQUE LOGISTICO A.R.A. "PATAGONIA" (EX DURANCE R T)

PORTERO, JUAN EDUARDO[1] *
* Argentina - [1] ARMADA ARGENTINA

17:45 a 18:45 Conferencia

O transporte de cabotagem e a navegação fluvial como fatores para integração da América do Sul

Conferencista: *Rui Botter (Brasil)*

18:45 a 19:15 Presentación

PRESENTACIÓN DEL COPINAVAL 2011 y Cierre de Actividades Académicas

BALLROOM B

10:30 a 11:30 Trabajos Libres

Estructuras

212 **10:30**

SIMULATION-BASED DESIGN FOR MARITIME STRUCTURES

BERTRAM, VOLKER[1] *
* Alemania - [1] GL GROUP

032 **10:50**

ALGORITMOS GENÉTICOS E INCERTEZA APLICADOS À OTIMIZAÇÃO DE ESTRUTURAS NAVAIS

VASCONCELLOS, J.M.[1] *; CAMPOS, M.H.S.[1]
* Brasil - [1] x

189 **11:10**

INTRODUCCION DEL PROGRAMA POSEIDON EN EL DISEÑO Y CÁLCULO DE ESTRUCTURAS NAVALES

SALAS, MARCOS[1] *
* Chile - [1] UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

11:30 a 12:30

Visita para estudiantes al Canal de Pruebas navales y pesqueras. Facultad de Ingeniería

12:30 a 14:00 Almuerzo

14:00 a 15:00 Trabajos Libres

Puertos

171 **14:00**

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DOS TERMINAIS DE GRANÉIS AGRÍCOLAS UTILIZADOS PARA ESCOAMENTO DA PRODUÇÃO DO CENTRO-OESTE BRASILEIRO.

ANDERSON, VALDIR L.[1] *; STUPELLO, BRUNO[1]; LEAL, MARINA B. S.[1]; CARDOSO, JOAO S. L.[1]; PINTO, MARCOS M. O.[2]
* Brasil - [1] Centro de Estudos em Gestão Naval - CEGN / USP; [2] Departamento de Engenharia Naval e Oceanica - USP

216 **14:20**

PROPOSTA DE UM TERMINAL MULTIMODAL PARA A REGIÃO AMAZÔNICA

BRAGA DE MORAES, HITO[1] *; DIAS LAMEIRA, PEDRO IGOR[1]; PEREIRA LOUREIRO, EMANNUEL[1]; PINHEIRO TORRES, ALESSANDRO[1]
* Brasil - [1] UNIVERSIDAD FEDERAL DO PARA

035 **14:40**

APRIMORAMENTO PORTUÁRIO DOS TRAPICHES DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM

GAMA TOBIAS, MAISA SALES[1] *; CANTO PEREIRA, PAULO ANDRÉ[1]; YUNG HO, KAO[1]
* Brasil - [1] UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

16:00 a 16:30 Coffee break

16:30 a 17:45 Trabajos Libres

Hidrodinámica

217 **16:30**

CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES NECESARIAS PARA LA SUPERVISIÓN Y CONTROL EN EL FONDEO DE EMBARCACIONES DE RECREO

GONZÁLEZ FILGUEIRA, GERARDO[1] *; CARRAL COUCE, LUIS[1]; FRAGUELA FORMOSO, JOSE ANGEL[1]; RODRÍGUEZ GUERREIRO, MARIA JESÚS[1]; RIVERA DOMÍNGUEZ, MARIO[2]; CARRAL COUCE, JUAN CARLOS[2]
* España - [1] UNIVERSIDAD DE A CORUÑA; [2] Carral Marine Technology

188 **16:50**

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO HIDRODINÁMICO DE APENDICES DE POPA EN CASCOS DE DESPLAZAMIENTO

SALAS, MARCOS[1] *
* Chile - [1] UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

084 **17:10**

VERIFICATION OF IMO CRITERIA FOR TANKER SHIP:COMPARISON BETWEEN LINEAR AND NONLINEAR MODELS

BRITANI, HERNANI[1] *; DE CONTI, MARDEL[1]; SHIGA, ADLER RODRIGO[1]
* Brasil - [1] x

078 **17:30**

TECHNICAL ASPECTS OF REFLOATING OPERATIONS OF GROUNDED VESSELS

S. PICOLO[1] *; J.M. VASCONCELLOS[1] *
* Brasil - [1] x

BALLROOM C

10:30 a 11:30 Trabajos Libres

Hidrodinámica

137 **10:30**

VALIDACIÓN EXPERIMENTAL DEL CANAL DE ENSAYOS HIDRODINÁMICOS DEL LABORATORIO NACIONAL DE HIDRÁULICA - UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

ELIAS ELIAS, MARCELO[1] *; VILLAGÓMEZ ROSALES, JOSÉ CARLOS[1]; VÁSQUEZ CHILLCCE, GUILLERMO ARQUÍMEDES[1]
* Perú - [1] ÁREA DE INVESTIGACIONES HIDRÁULICAS Y NAVALES

203 **11:10**

REDUCCIÓN DE LA RESISTENCIA AL AVANCE DE UN BUQUE MEDIANTE LA APLICACIÓN DE PINTURAS ESPECIALES EN EL CASCO

PEREZ ROJAS, LUIS[1] *; IZAGUIRRE ALZA, PATRICIA[1]; ZAMORA RODRIGUEZ, RICARDO[1]; PÉREZ ARRIBAS, FRANCISCO[1]; BOTIA VERA, ELKIN[1]; ÑÍÑEZ BASÁÑEZ, JOSE FERNANDO[2]; DÍAZ CUADRA, JUAN CARLOS[3]
* España - [1] Canal de Ensayos ETSIN; [2] ETSIN; [3] Navantia S.A.

010 **16:30**

PRUEBAS A ESCALA REAL DE CARACTERISITCAS DE MANIOBRABILIDAD DE BUQUES CON SISTEMAS DE PROPULSION TIPO PUMP JET

CARREÑO MORENO, JORGE ENRIQUE[1] *; JIMÉNEZ, VÍCTOR HUGO[1]; SIERRA VANEGAS, ETTY YENESSY[1]
* Colombia - [1] COTECMAR

12:30 a 14:00 Almuerzo

14:00 a 15:00 Trabajos Libres

Buques de pesca

114 **14:00**

PROYECTO DE UNA RED MAS EFICIENTE PARA LOS BARCOS 23M CAMARONEROS. EVALUACION DE LOS GASTOS ENERGETICOS DURANTE EL ARRASTRE

ZAMORA MERALLA, LEONARDO OZMANY[1] *; TORRES DÍAZ, NOEL[2]
* Cuba - [1] MINISTERIO DE LA INSDUSTRIA PESQUERA; [2] EMPRESA SAÚL DELGADO

186 **14:20**

FISHING VESSELS RESPONSES IN WAVES UNDER OPERATIONAL LOADS

TELLO RUIZ, MANASES[1] *; RIBEIRO E SILVA, SERGIO[1]; GUEDES SOARES, CARLOS[1]
* Portugal - [1] Instituto Superior Técnico

064 **14:40**

MOVIMIENTOS INESTABLES DE UN BUQUE PESQUERO EN MAR DE FRENTE: ANÁLISIS DE BIFURCACIÓN Y EROSIÓN DE BACIAS DE ATRACCIÓN

NEVES, MARCELO A. S.[1] *; MAÑUICO VIVANCO, JERVER E.[2]; RODRÍGUEZ, CLAUDIO A.[1]
* Brasil - [1] LabOceano, COPPE/UFRJ; [2] COPPE/UFRJ

16:00 a 16:30 Coffee break

16:30 a 17:45 Trabajos Libres

Transporte Marítimo y Fluvial

085 **16:30**

PROPOSTA DE UM SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO HIDROVIÁRIO NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM (PA - BRASIL) FOCADO NO PROJETO DAS EMBARCAÇÕES

TEIXEIRA FILHO, HELENO[1 *]; BRAGA DE MORAES, HITO[1]; YUNG HO, KAO[1]

* Brasil - [1] UFPA

109 **16:50**

LA ISU COMO PRINCIPAL AHORRADOR DE ENERGÍA EN EL TRANSPORTE MARÍTIMO

TUR GUTIÉRREZ, ALEOP[1 *]

* Cuba - [1] x

200 **17:10**

CONSTRUÇÃO NAVAL NO AMAZONAS: PROPOSIÇÕES PARA O MERCADO

NADJA VANESSA, MIRANDA LINS[1 *]; LUZIA RAQUEL, QUEIROZ RODRIGUES[2]; NILSON, RODRIGUES BARREIROS[2]; WALTAIR, VIEIRA MACHADO[2]

* Brasil - [1] FIEAM; [2] UFAM

208 **17:30**

DIRETRIZES PARA PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL DO TRANSPORTE HIDROVIÁRIO NO BRASIL

SANTANA, WALTER ALOISIO[1 *]; TACHIBANA, TOSHI-ICHI[2]

* Brasil - [1] FATEC - Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo - campus de Carapicuíba; [2] USP - Universidade de São Paulo - Escola Politécnica

FLORIDA

10:30 a 11:30 Trabajos Libres

Medio Ambiente

022 **10:30**

GESTIÓN DEL AGUA DE LASTRE EN ESPACIOS MARITIMO COSTEROS

FRÍAS, JUAN CARLOS[1 *]

* Argentina - [1] ARMADA ARGENTINA

060 **11:10**

METHODOLOY OF POLLUTION´S ANALYSIS OF INSIDE THE BAY WITH PORT

TACHIBANA, TOSHI-ICHI[1 *]; CARNERO CHAVEZ, DEWAR TAYLOR[1]

* Brasil - [1] POLITECHNIC SCHOOL OF THE UNIVERSITY OF SAO PAULO

182 **11:10**

REDUÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELO TRANSPORTE MARÍTIMO

MONTOYA, JUAN C.[1 *]; BRINATI, HERNANI L.[1]

* Brasil - [1] Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

12:30 a 14:00 Almuerzo

14:00 a 15:00 Trabajos Libres

Educación y Formación

124 **14:00**

LA PROMOCIÓN DE LAS VOCACIONES EN LA INVESTIGACIÓN DEL MUNDO MARÍTIMO. EL PROYECTO "PROMARC"

PEREZ ROJAS, LUIS[1 *]; HERREROS SIERRA, MIGUEL ANGEL[1]; SÁNCHEZ SÁNCHEZ, JUAN MIGUEL[1]; SOUTO IGLESIAS, ANTONIO[1]

* España - [1] x

125 **14:20**

LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN LA EDUCACIÓN NAVAL

MUÑOZ, Mª E.[1 *]; FILGUEIRA, A.[1]; SÁNCHEZ, F.J.[2]; MUÑOZ, E.[2]

* España - [1] UNIVERSIDAD DE LA CORUÑA; [2] ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

214 **14:40**

REGULATORY AND PROPRIETARY ASPECTS RELATED TO THE USE OF FLOSS FOR COLLABORATIVE KNOWLEDGE CONSTRUCTION IN AN ACADEMIC ENVIRONMENT

DE CONTI, MARDEL[1 *]; DE CONTI, TARSILA[1]

* Brasil - [1] UNIVERSIDAD DE SAN PABLO

16:00 a 16:30 Coffee break

16:30 a 17:45 Trabajos Libres

Máquinas y Electricidad

011 **16:30**

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO EN BUQUES, BASADO EN LA NORMA IEC 61363-1

SALAS BERROCAL, GABRIELA[1 *]; JIMENEZ, VÍCTOR[2]

* Colombia - [1] COTECMAR; [2] DIDESI

017 **16:50**

ESTUDO DE MINIMIZAÇÃO DOS RISCOS ASSOCIADOS À EXECUÇÃO A BORDO DA MANUTENÇÃO GERAL W6 DOS MOTORES DIESEL DE SUBMARINOS

VIANNA, ANDRÉ LUIZ BRAUCKS[1 *]

* Brasil - [1] Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro

031 **17:10**

A INFLUÊNCIA DA QUALIDADE D´ÁGUA DE ALIMENTAÇÃO DA CALDEIRA NO SISTEMA DE VAPOR

SANCHES GARCIA, MAURICIO[1 *]

* Brasil - [1] x

103 **17:30**

ESTUDIO DE LA UTILIZACION DEL OZONO EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA.

ZAMORA MERALLA, LEONARDO OSMANY[1 *]

* Cuba - [1] MINISTERIO DE LA INDUSTRIA PESQUERA

JUEVES 22

TOURS POST CONGRASO

09:00 a 13:00 City Tour

Tour Post Congreso

09:00 a 13:00 Tour

Visita al Dique de la Armada / Visita a Tsakos / Visita a la Liga Marítima

SALON DE LOS FUNDADORES

13:00 a 18:00 Asamblea

Asamblea IPIN en Liga Marítima

INFORMACIÓN GENERAL

Secretaría
Ubicada en el Foyer del Ballroom del piso 2, funcionará los días 18 al 21 de octubre.

Idiomas Oficiales
El idioma oficial es el español y se proporcionará traducción simultánea durante las conferencias plenarias en inglés.

Moneda
La moneda nacional es el peso uruguayo.
Un dólar equivale aproximadamente a 21 pesos uruguayos a la fecha.

Tarjetas de Crédito
Los hoteles, restaurantes y centros comerciales aceptan tarjetas de crédito (VISA, MASTER CARD, AMERICAN EXPRESS, DINERS) y dólares americanos.

Electricidad
CA 220 v 50 Hz

Clima
El clima en Montevideo en el mes de octubre oscila en los 18ª a 25ª aproximadamente durante el día. De todas maneras recomendamos llevar abrigo, dado que la temperatura tiene cambios bruscos.

Horario Oficial
3 horas menos que GMT (GMT – 03:00) Montevideo - Georgetown
Horario comercial
09.00 a 19.00 horas

Seguros de Viajes
El Comité Organizador no asume ninguna responsabilidad por seguros médicos, de viaje, de robo o personales.

Seguridad
Montevideo sigue siendo un sitio seguro para sus visitantes. Sin embargo, el turista debe considerar las medidas de seguridad que se sugieren a nivel mundial para su completa tranquilidad y confort. Por ejemplo: hacer uso de cajas de seguridad ubicadas en las habitaciones de sus hoteles para guardar documentos y accesorios de valor, no exponer cámaras de video o fotográfi cas, abordar medios de transporte debidamente identificados o recomendados.

Importante:
Para el ingreso a salas donde se realizarán las actividades científicas será imprescindible la
presentación de la tarjeta de identificación o credenciales identificatorias
El uso de teléfonos celulares está prohibido dentro del auditorio

Actividad Social
Domingo 18 de octubre
8:00 a 19:00
Ballroom p.2 Hotel Radisson
Acto de Apertura

Domingo 18 de octubre
19:00 a 21:00
Ballroom p.2 Hotel Radisson
Cocktail de Apertura

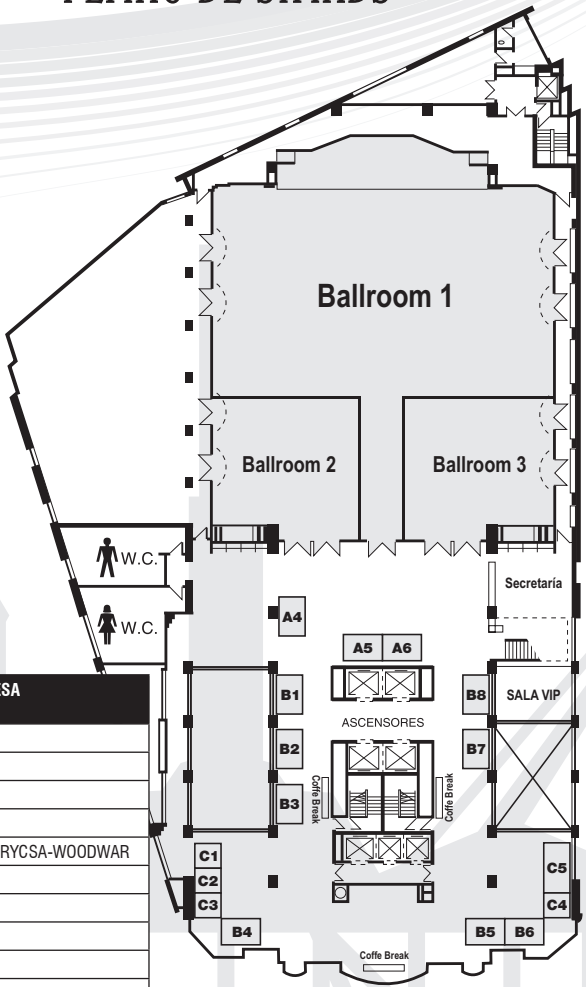
Martes 20 de octubre - Cena de Camaradería

Bodega Juanicó – *Cupos limitados*

El recorrido incluye la zona de los viñedos, bodega, antiguas edificaciones de piedra y cava subterránea.
Llegado el fin del paseo se realizará una degustación de vinos guiada, acompañada de quesos, fiambres y vinos. Luego una parrilla tradicional criolla y para intercambiar más que conocimientos, nos acompañará un DJ con música de todo el mundo.
La organización proveerá de transporte hacia y desde la Bodega.

Lugar de encuentro: Lobby del Hotel Radisson
Hora 20:30
Valor del ticket: U$S 55

PLANO DE STANDS



N° STANDS	NOMBRE DE EMPRESA
A4	NKK JAPON
A5	ARMADA
A6	TSAKOS
B1	MAN DISEL/RIN
B2	RIN / TURBOGEN / CRYCSA-WOODWAR
B3	BELMORE
B4	PACPYMES
B5	ARTE MARINAS
B6	ARTE CUEROS
B7	COTECMAR
B8	ASTILLERO RIO SANTIAGO
C1	TURBODISEL
C2	LOYDS LIST
C3	PACPYMES
C4	USP
C5	REINTJES
C5	BOMBAS AZCUE Y GRUAS GUERRA

XXI COPINAVAL

18 al 22 de octubre de 2009
Hotel Radisson Victoria Plaza
Montevideo, Uruguay

Astillero de la Armada
Construyendo el Futuro

TSAKOS

ClassNK

MARINE ENGINEERING RIN

MAN

Turbogen

CRYCSA
Full Service Distributor
Authorized Independent Service Facility

WOODWARD
Controlling the Power of Energy

PACPYMES

COTECMAR

Astillero RÍO SANTIAGO
Ministerio de la Producción
Buenos Aires LA PROVINCIA

TBDL
TURBODIESEL S.A.

Lloyd's List

REINTJES

GUERRA

azcue pumps

BELMORE S.R.L.
REPARACIONES NAVALES E INDUSTRIALES

CILIP
Centro de Inovação em Logística e Infra-estrutura Portuária
Escola Politécnica da USP

ABS
FOUNDED 1862

fontem.com
CONGRESOS
CONFERENCIAS
y PONENCIAS

Guascor Power

SECRETARÍA

CONGRESOS ELIS
20 de Setiembre 1544
Tel +5982 706 9629/30
Montevideo - Uruguay
info@congresoselis.com.uy
www.congresoselis.com.uy

Optimización estructural de patrulleras de apoyo fluvial. Caso de estudio: PAFL

Roberto Omar Morante Villareal
rmorante@cotecmar.com

Germán Andrés Méndez Algarra
gmendez@cotecmar.com

Departamento de Estructuras y Materiales, COTECMAR
Km. 9 Vía a Mamonal. Cartagena de Indias, Colombia.
www.cotecmar.com

Resumen

Debido al continuo desarrollo de patrulleras navales de altas exigencias en COTECMAR para satisfacer las necesidades de la Armada Nacional de Colombia (ARC), ha sido necesario el desarrollo de proyectos de investigación alrededor de los diseños propuestos para lograr desempeños mayores que las generaciones antecesoras. Este fue el caso de una patrullera de apoyo fluvial liviana cuyo requerimiento inicial fue la navegación en ríos de poco calado, 0.75 m, incluso menores a los navegables por las patrulleras anteriores, 1.3 m. Por ello, la conjugación de formas del casco y escantillones de construcción fueron el resultado de la exploración de alternativas de solución para dichos requerimientos. Sabiendo que la estructura de dichas embarcaciones obedeció a reglas de clasificación con altos factores de seguridad, se logró que la optimización estructural converja a escantillones de menor medida con reducciones de peso entre 4,51 y 18,24 %. Para ello se emplearon algoritmos duales de optimización definiendo una función objetivo con parámetros de peso, costo de materiales y costos de mano de obra de las estructuras basadas en índices de producción de COTECMAR. El problema de optimización consistió en partición de regiones típicas de escantillonado, o módulos, conectados entre sí y generando a la vez problemas de optimización más pequeños pero en mayor número, en donde la cantidad de variables se redujo. Esto resultó en dos niveles de optimización de la estructura: uno para cada grupo típico de elementos (lámina, cuadernas, vagras y refuerzos longitudinales) y otro para el módulo. Se aplicaron condiciones de frontera en los módulos, restricciones mínimas de fabricación para espesores y restricciones operativas; para que luego de un análisis de fallas en cada ciclo se obtuviera un escantillonado diferente, dando lugar al siguiente ciclo de optimización.

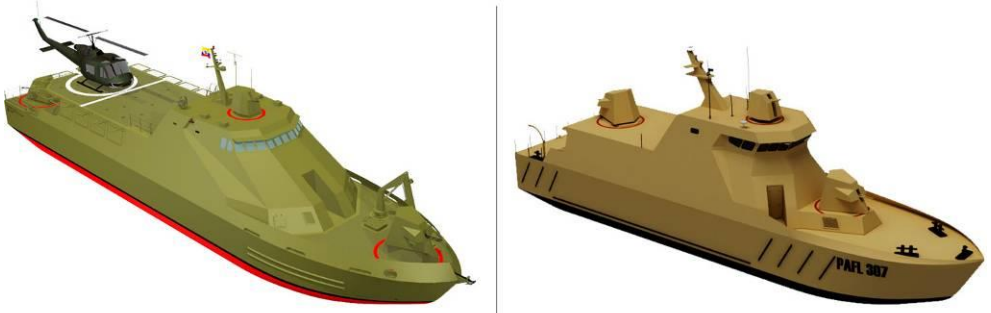
Abstract

Given the continuous development of high performance riverine patrol vessels in COTECMAR for fulfilling the Colombian Navy needs, several research projects supporting the design process in order to improve the performance of the ships have been implemented. For the Light Riverine Patrol Vessel – PAFL, the major requirement was a draught of 0.75 m, clearly less than the specified one for the previous series of patrol vessels with 1.3 m. Consequently, an exploration for the correct hull form and scantlings combination gave an initial solution to satisfy the requirements. Since this initial design was carried out following classification society rules with higher safety factors, the structural optimization showed in this work allowed to reduce the steel weight between 4.51 and 18.24 %. Dual level optimization algorithms with weight and cost as objective functions were employed. A full ship model for loads definition of and boundary conditions, and a single module model of the ship, both of them developed in the MAESTRO software, were used in the optimization process. Strength, operational and shipyard's construction standards constraints were considered in the optimization problem.

Palabras claves: Patrullera de Apoyo fluvial (PAF), Patrullera de Apoyo Fluvial Liviana (PAFL), Armada de Colombia (ARC), optimización estructural, función objetivo.

1. Introducción

Actualmente en COTECMAR, la continua demanda de embarcaciones militares con mayores niveles de desempeño obliga a la creación de grupos de investigación para la exploración de nuevas alternativas de solución y en otros casos para la variación de los productos actuales. Esto puede notarse en las recientes exigencias de ARC respecto a las capacidades de navegación de las patrulleras en ríos de calados cada vez menores, al comparar requerimientos de diseño para las patrulleras de hace unos años (PAF) con los actuales (PAFL), Figura 1.



PAF

Eslora Total (LOA)	40.3 m
Manga (B)	9.5 m
Puntal (D)	3.10 m
Calado (d)	1.26 m
Desplazamiento (Δ)	373 ton (aprox.)
Velocidad máxima en aguas profundas e interiores	9.0 nudos
Capacidad combustible diesel	8602 gal
Capacidad combustible gasolina	5580 gal
Capacidad combustible aviación	2000 gal
Capacidad agua potable	5890 gal

PAFL

Eslora Total (LOA)	30.0 m
Manga (B)	7.0 m
Puntal (D)	3.10 m
Calado (d)	0.75 m
Desplazamiento (Δ)	116 ton (aprox.)
Velocidad en aguas profundas	± 9.00 nudos
Velocidad en aguas someras	± 6.00 nudos
Capacidad combustible diesel	3500 gal
Capacidad combustible gasolina	1400 gal
Capacidad agua potable	1000 gal

Figura 1. Características principales de los buques PAF [2] y PAFL [3].

Por otra parte, dichos requerimientos están sujetos a diversas restricciones como lo son el acceso a canales de navegación, carga útil y hasta las mismas capacidades combativas, lo que conduce a tener cada vez menos grados de libertad en la modificación de las formas del casco y mantener patrones de formas similares a las embarcaciones antecesoras. Sin embargo a pesar de la poca libertad para modificar las formas en las nuevas patrulleras (PAFL), durante las primeras vueltas a la espiral de diseño, estas fueron modificadas ligeramente. En seguida la optimización estructural se hizo necesaria para cumplir los requerimientos de carga útil y dotación, partiendo de los escantillones dimensionados por reglas clasificadoras, ya que una PAFL dimensionada por la misma regla usada en generaciones anteriores (PAF) resultaba en un peso de la estructura de 76.86 ton lo cual alejaba el cumplimiento de los requerimientos.

Sabiendo entonces que la motivación principal para la optimización estructural nació de las exigencias de los requerimientos de esta nueva generación de patrulleras, se empezó con el análisis de dos niveles de optimización: el nivel de modulo o bloque, para el cual las variables de diseño son las áreas seccionales del conjunto formado por todas las tracas y sus escantillones en la viga buque, y el nivel de traca compuesto por los escantillones de la lámina misma, sus cuadernas y vagras interiores, y sus refuerzos longitudinales. Cada ciclo de optimización en cada nivel comprendió la evaluación de todos los componentes dentro del módulo y las consecuentes soluciones al problema de optimización cuyo máximo número de ciclos se estimó mediante un análisis de convergencia. En cada iteración se evaluaron

esfuerzos resultantes de la interacción fluido estructura para distintos modos de falla como los mostrados en la Tabla 1 y los factores de idoneidad para cada condición de carga [4].

Tabla 1. Modos de falla evaluados en la optimización estructural.

PCSF	Colapso del panel por flexión en el refuerzo
PCCB	Colapso del panel por pandeo combinado
PCMY	Colapso del panel por fluencia de la lámina
PCSB	Colapso del panel con pandeo por flexión/torsión del refuerzo
PYTF	Fluencia del panel por tensión en el ala
PYTP	Fluencia del panel por tensión en la lámina
PYCF	Fluencia del panel por compresión en el ala
PYCP	Fluencia del panel por compresión en la lámina
PSPBT	Funcionalidad del panel por flexión de lámina (transversal)
PSPBL	Funcionalidad del panel por flexión de lámina (longitudinal)
PFLB	Falla del panel por pandeo local
GCT	Colapso de eslora longitudinal por pandeo local
GCCF	Colapso de eslora longitudinal por compresión en el ala
GCCP	Colapso de eslora longitudinal por compresión en la lámina
GYCF	Fluencia de eslora longitudinal por compresión en el ala
GYCP	Fluencia de eslora longitudinal por compresión en la lámina
GYTF	Fluencia de eslora longitudinal por tensión en el ala
GYTP	Fluencia de eslora longitudinal por tensión en la lámina
FCPH	Colapso de cuaderna, falla plástica local
FYCF	Fluencia en cuaderna, compresión en el ala
FYTF	Fluencia en cuaderna, tensión en el ala
FYCP	Fluencia en cuaderna, compresión en la lámina
FYTP	Fluencia en cuaderna, tensión en la lámina

Para esto, la optimización se realizó evaluando una función de mérito que contempla peso de la estructura y costo de la misma o cualquier combinación de estas dos variables. Una función de este tipo apunta parcialmente a máxima rentabilidad, mínimo costo de inversión y máximo ingreso operativo; tomando el primero para este trabajo sería una combinación de costos de materiales y mano de obra (volumen y longitud combinada de piezas a fabricar). El algoritmo empleado aquí usa factores de costo tales como

- costo por unidad de volumen de paneles reforzados,
- costo por unidad de longitud de refuerzos en paneles,
- costo por unidad de volumen para cuadernas y vagras y
- costo por unidad de longitud de de cuadernas y vagras;

Y que para efectos ilustrativos se asumirán como USD 30,528/m^3 y USD 236,00/m para costos por volumen y costos por unidad de longitud respectivamente, teniendo en cuenta que lo importante es la relación entre estos dos factores.

2. Modelo estructural

Para realizar la optimización estructural del buque patrullero fluvial, se implementó un modelo de la embarcación completa en MAESTRO[1] con los escantillones obtenidos de las normas ABS para embarcaciones fluviales [6] y con la permutación de piezas estructurales con aceros balísticos para alcanzar un peso inicial menor al dimensionado totalmente con ABS [1]. El objetivo de este modelo fue obtener valores precisos de momento flector y fuerza cortante como condiciones de frontera para cada módulo de la estructura. Sobre el modelo del buque completo, Figura 2, se aplicaron cuatro condiciones de carga: el peso en rosca de la embarcación y tres condiciones de operación con diferentes niveles de consumibles. Teniendo en cuenta que se trató de una embarcación para operación fluvial, en todas las condiciones de carga se consideró un estado de aguas tranquilas. La composición del peso en rosca del buque usando grupos constructivos SWBS [7] se muestra en la
Tabla 2 y los cuatro casos de carga analizados se resumen en la
Tabla 3.

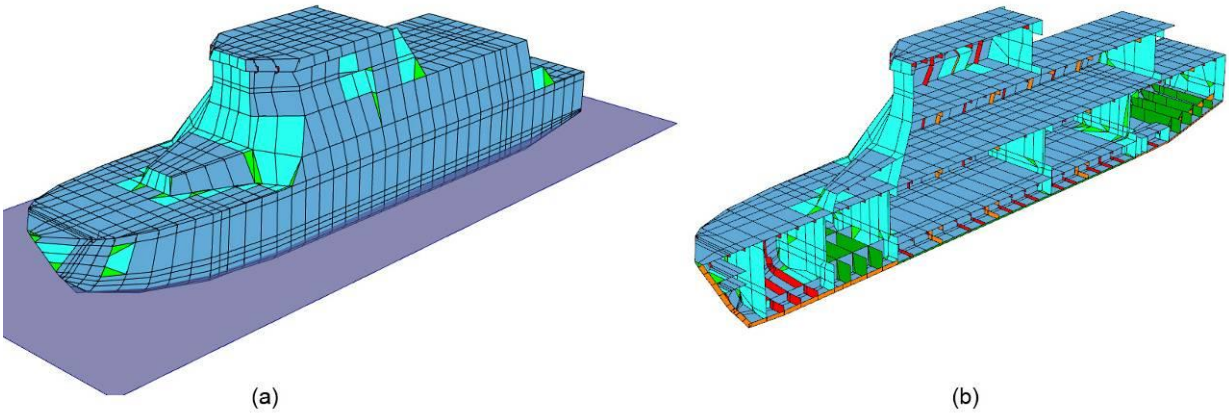


Figura 2. Modelo estructural de la PAFL: (a) en aguas tranquilas y (b) estructura interna del buque.

Tabla 2. Componentes del peso en rosca.

[1] Method for Analysis, Evaluation and Structural Optimization. Optimum Structural Design, Inc.

SWBS	Descripción	%	Peso (ton)
100	Estructura de casco y superestructura	63.2	65.8
200	Planta propulsora	7.4	7.7
300	Planta eléctrica	5.1	5.3
400	Comunicación	0.5	0.5
500	Servicios auxiliares	7.1	7.4
600	Equipo y habitabilidad	10.6	11.0
700	Armamento	6.1	6.4
	TOTAL	**100**	**104.1**

Tabla 3. Resumen de las condiciones de carga incluidas en el análisis.

No.	Condición	Peso rosca (ton)	Peso Muerto (ton)	TOTAL (ton)
1	Buque en rosca	104.1	0.0	104.1
2	Mínima operativa	104.1	13.0	117.1
3	Óptima	104.1	19.5	123.6
4	Máxima carga	104.1	26.9	131

Con la aplicación de estas cargas a lo largo del buque se realizó el balanceo del mismo en aguas tranquilas para obtener la distribución de fuerza cortante y momento flector para cada una de ellas, la Figura 3 muestra a modo de ejemplo los resultados para la condición de carga 4.

Una vez calculadas las respuestas de las cargas aplicadas en el modelo completo del buque, se procedió a realizar la optimización de los escantillones por módulos. En este trabajo se muestra el proceso para un módulo de la sección media del buque ubicado entre dos mamparos con cinco cuadernas intermedias, que se muestra en la Figura 4. Las condiciones de frontera para dicho módulo, consistentes en fuerzas cortantes y momentos flectores en los extremos del segmento, fueron obtenidas del anterior análisis de respuesta del buque completo para cada una de las condiciones de carga.

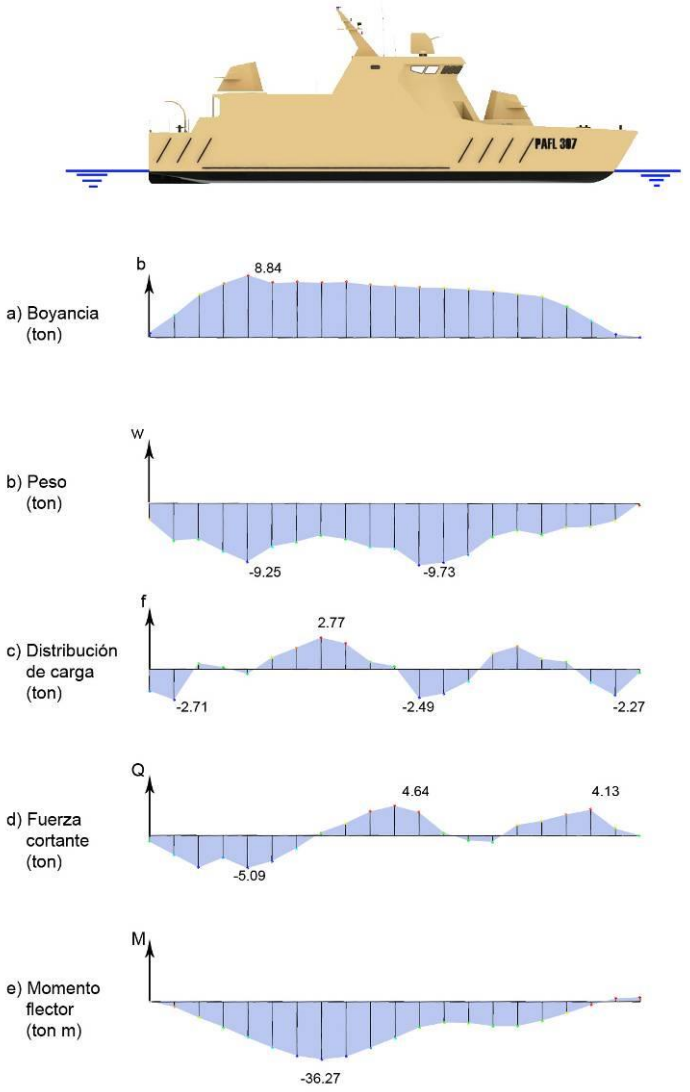


Figura 3. Resumen de distribución de cargas y respuestas en la viga buque para la condición de carga máxima.

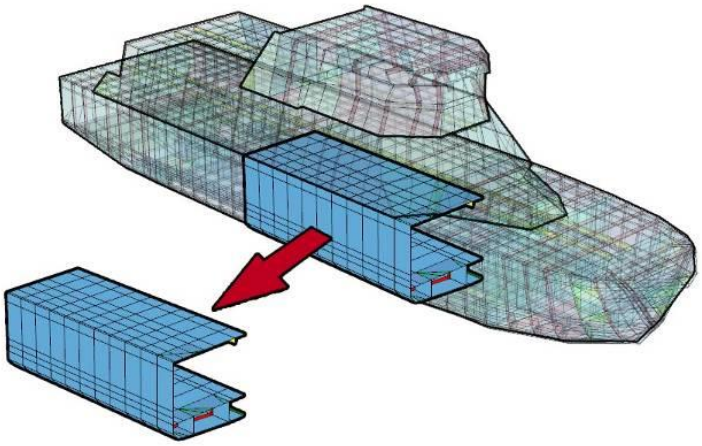


Figura 4. Módulo del cuerpo medio del buque.

3. Problema de optimización

Como se comentó al inicio, la estructura óptima del buque deberá tener mínimo peso y mínimo costo dentro de las restricciones establecidas. Esta condición puede plantearse como un problema global de optimización multi-objetivo, que se expresa como:

$$\min_{\vec{x}} \quad F(\vec{x}) = \omega \frac{W(\vec{x})}{W_0} + (1-\omega)\frac{C(\vec{x})}{C_0} \tag{1}$$

donde $W(\vec{x})$ y $C(\vec{x})$ son respectivamente el peso y costo de la estructura en función del vector de variables de diseño $\vec{x}$; ω es un coeficiente de ponderación que determina la importancia relativa entre las funciones de peso y costo; W_0 y C_0 son valores de peso y costo de referencia para la estructura que se analiza (en este caso se utilizan el peso y costo del módulo diseñado utilizando ecuaciones de casa clasificadora como valores de referencia).

La evaluación de la función de costo se realizó en MAESTRO que utiliza una expresión basada en el escantillonado dada por

$$C(\vec{x}) = \sum (C_{sp} + C_g + C_f) \tag{2}$$

donde C_{sp}, C_g y C_f son los costos del panel reforzado, eslora longitudinal y cuadernas respectivamente [5]. En la definición de estas funciones se incluyeron los coeficientes que corresponden a los costos volumétricos y lineales de paneles reforzados y vigas armadas citados anteriormente. Estos coeficientes dependen del astillero constructor y se calcularon para COTECMAR con base en la información de fabricación de las Patrulleras de Apoyo Fluvial (PAF).

El vector de variables de diseño para el problema de optimización se compone de las variables que definen el arreglo estructural del módulo que incluye los espesores de lámina en el forro, las cubiertas y mamparos; las dimensiones y espesores de las vigas (cuadernas, eslora y refuerzos longitudinales) y la distancia entre refuerzos en las diferentes zonas del arreglo. En la Figura 5 se muestra un ejemplo de las variables de diseño asociadas a la eslora longitudinal y el espaciamiento entre refuerzos longitudinales utilizando las abreviaturas empleadas en MAESTRO.

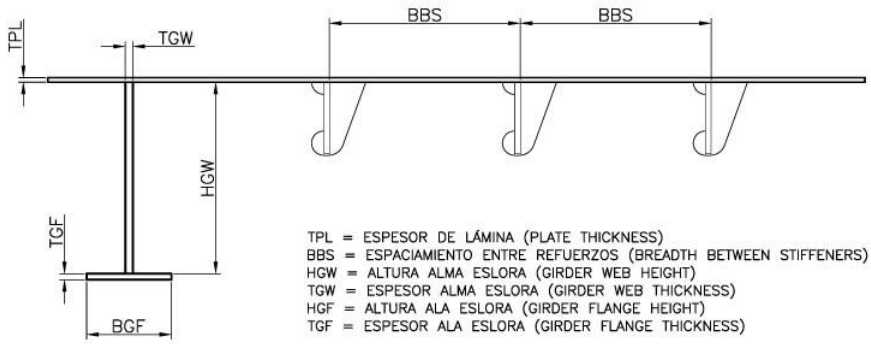


Figura 5. Ejemplo de variables de diseño utilizadas en la optimización.

Para completar la definición del problema de optimización se identificaron las restricciones que se deben satisfacer en el diseño. Las restricciones al problema de optimización pueden clasificarse en dos grupos: aquellas relacionadas con la resistencia estructural y por otra parte las relacionadas a requerimientos de fabricación y operación del buque.

Restricciones de resistencia

En el proceso de optimización del módulo estructural en MAESTRO, se aplican automáticamente las restricciones de esfuerzo asociadas a los estados límites que maneja el programa. Estas restricciones son de la forma:

$$\gamma_0 \hat{Q}_c(\vec{x}) \leq Q_L(\vec{x}) \tag{3}$$

donde $\hat{Q}_c$ es el valor extremo característico de las cargas o efectos de cargas asociadas a un estado límite, Q_L es el valor límite para que ocurra el estado límite y γ_0 es un factor parcial de seguridad para dicha carga y un modo especifico de falla. Los factores de seguridad empleados en este trabajo fueron de 1.5 para falla de funcionalidad y 1.8 contra falla por colapso para todos los estados límite.

MAESTRO utiliza los denominados parámetros de idoneidad (adequacy parameters) para normalizar las expresiones de todos los estados límites. La expresión del factor de idoneidad para un modo de falla está dada por

$$g(\vec{x}) = \frac{1 - \gamma_0 \frac{\hat{Q}_c(\vec{x})}{Q_L(\vec{x})}}{1 + \gamma_0 \frac{\hat{Q}_c(\vec{x})}{Q_L(\vec{x})}} \tag{4}$$

De esta manera los factores de idoneidad toman valores entre -1 y 1. Valores menores que cero son considerados inadecuados y tienen mayores posibilidades de falla a medida que se acercan a -1; cuando el parámetro es cero significa que la estructura tiene exactamente el factor de seguridad dado por γ_O para un modo de falla en particular. Usando estos factores, las restricciones de resistencia para el problema de optimización son de la forma

$$g(\vec{x}) \geq 0 \tag{5}$$

Restricciones de fabricación y operación

En este conjunto se incluyeron las restricciones al diseño asociadas a los procesos de fabricación y requerimientos de operación especificados por el cliente. En cuanto a fabricación se aplicaron límites inferiores y superiores para las variables de diseño, originados en las capacidades de soldadura para espesores pequeños, disponibilidad de perfiles estructurales en el mercado y factores humanos en el diseño del buque. También se incluyeron recomendaciones de diseño estructural tomadas de normas de casas clasificadoras, por ejemplo relaciones entre la altura del alma de las cuadernas y la altura de los refuerzos pasantes a través de la misma.

En cuanto a restricciones por operatividad, se consideraron límites obtenidos de la experiencia del cliente y del perfil operacional definido para el buque como espesores mínimos para la traca de quilla teniendo en cuenta la eventualidad de impactos o encallamientos. Igualmente en zonas específicas de la PAFL se requiere protección balística por lo que el espesor mínimo está restringido por requerimientos de resistencia a la penetración de proyectiles, para este caso 4,75mm. A pesar de la amplia gama de factores que abarcan estas restricciones, su planteamiento como parte del problema de optimización fue sencillo teniendo en cuenta que todas pueden expresarse como desigualdades lineales. Así, este conjunto de restricciones pudo definirse de la forma

$$\tilde{\tilde{A}}\vec{x} \leq \vec{b} \tag{6}$$

donde $\tilde{\tilde{A}}$ es una matriz con coeficientes y $\vec{b}$ es un vector de constantes en donde cada fila correspondió a una restricción lineal de desigualdad. Teniendo en cuenta que el principal requerimiento del cliente fue minimizar el calado de la PAFL, se le dio mayor importancia al

peso en la función objetivo mediante un coeficiente de ponderación de 0,7. Por lo tanto el problema de optimización que se resolvió estuvo dado por:

$$\begin{aligned} \min_{\vec{x}} \quad & F(\vec{x}) = 0.7\frac{W(\vec{x})}{W_0} + 0.3\frac{C(\vec{x})}{C_0} \\ \text{sujeto a} \quad & g(\vec{x}) \geq 0 \\ & \tilde{\tilde{A}}\vec{x} \leq \vec{b} \end{aligned} \tag{7}$$

4. Resultados

El comportamiento de las respuestas evaluadas, es decir peso, costo y función objetivo, para cada ciclo de optimización se muestra en la Figura 6. Los resultados arrojados debieron ser ajustados para que los espesores encontrados coincidan con valores empleados en COTECMAR. El algoritmo también optimiza por separado cada traca de paneles modelada en caso de entregar propiedades diferentes que resulten en una fabricación poco viable. Por lo tanto un paso adicional en el proceso fue homogenizar los resultados obtenidos teniendo en cuenta el proceso de fabricación. Las pruebas realizadas durante el desarrollo de este trabajo mostraron que para el módulo presentado se obtendría convergencia entre seis y ocho ciclos de optimización.

En este trabajo se optó por realizar esta homogenización teniendo en cuenta la estrategia constructiva definida para el módulo, por lo que el escantillonado se asumió constante para cada traca del mismo, el cual se muestra en la Figura 7. Igualmente se verificó que el espaciamiento entre refuerzos longitudinales en las diferentes zonas del módulo permitiera mantener la continuidad estructural del arreglo.

En la Tabla 4 se muestra la comparación de las propiedades iniciales y las resultantes para cada traca. Estos resultados fueron introducidos en el modelo con el fin de verificar el comportamiento del módulo frente a los diferentes modos de falla. En la Figura 8 se muestran los mínimos valores de idoneidad para cada elemento en donde se encontraron valores inferiores pero suficientemente cercanos a cero para ser considerados marginales.

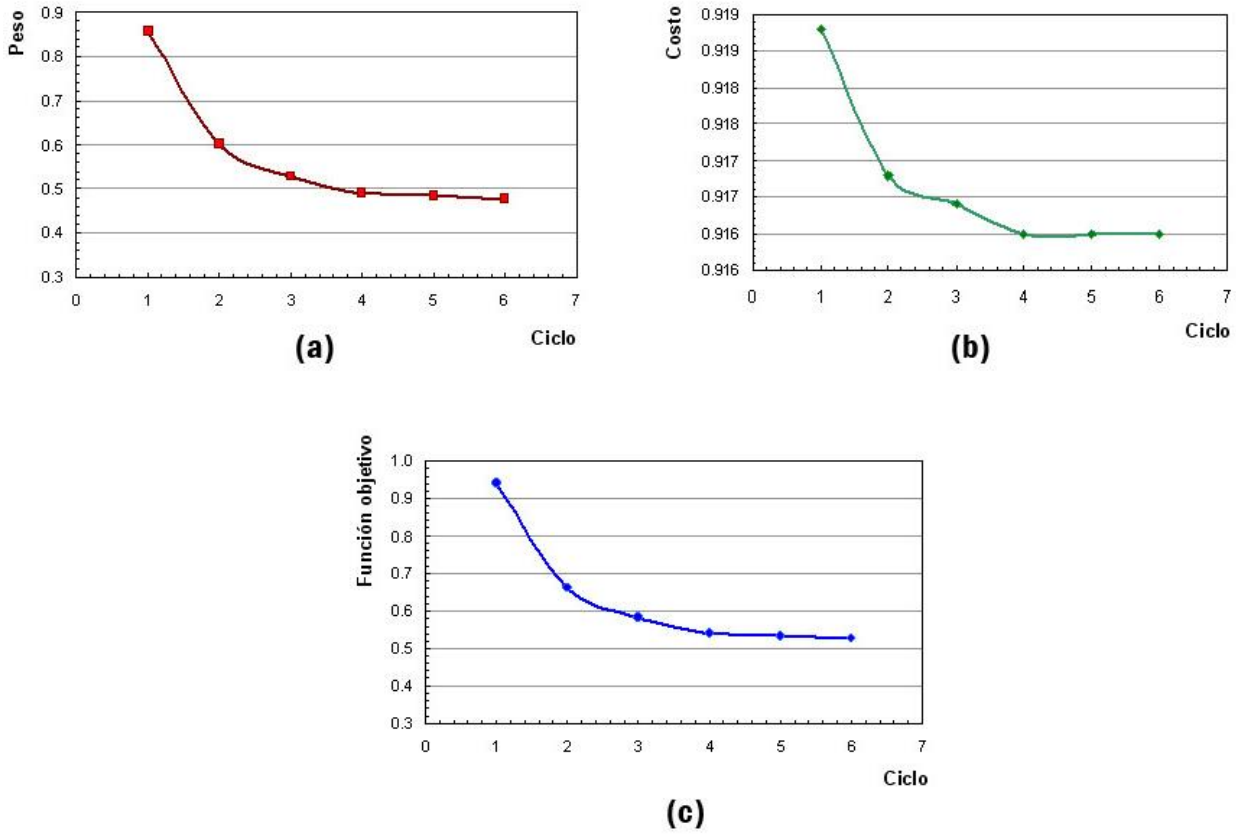


Figura 6. Ciclos de optimización versus: a) peso, b) costo y c) función objetivo.

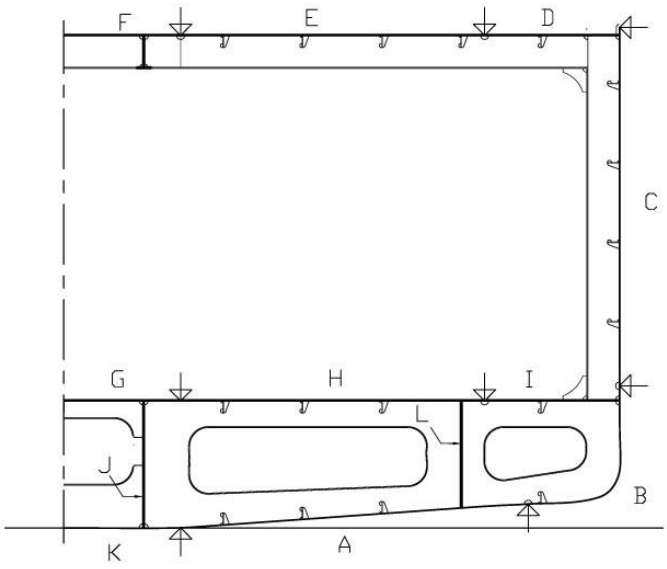


Figura 7. División por tracas del módulo.

En la Figura 9 se muestra un diagrama de frecuencias de los valores de todos los factores de idoneidad en donde el mínimo fue de -0.008 para falla por colapso de columna en una de las

cuadernas de la traca C. La reducción de peso estructural del módulo con el proceso de optimización fue del 9.695 %

Para evaluar el impacto del proceso de optimización en el desempeño del buque se extendieron los resultados obtenidos a los demás módulos y se evaluó la respuesta de la estructura completa, teniendo en cuenta que el modulo seleccionado fue el que tuvo las condiciones de carga más críticas, Los módulos correspondientes a las zonas de proa y popa del casco, así como la superestructura debieron ser sometidos a ciclos de optimización adicionales debido a que tienen características de construcción y condiciones de carga diferentes. La evaluación estructural incluyó la verificación de la condición de varada y eventual encallamiento por proa o popa para el nuevo arreglo estructural.

El peso de la estructura del buque era de 65.81 ton con las permutaciones en zonas protegidas balísticamente y luego de introducir los escantillones optimizados en el todo el modelo resulto en un peso de 62.84 ton, lo cual representó una reducción del 4.51 % con relación a las 65,8 ton y 18,24 % con relación a las 76,86 ton de peso inicial, en otros términos el trabajo completo equivalió a una reducción de calado de 7 cm.

Tabla 4. Comparación de los escantillones iniciales con el último ciclo de optimización.

TRACA	CICLO	Espesor panel (mm)	Espaciamiento entre refuerzos (mm)	Cuadernas				Refuerzos longitudinales			
				Altura alma (mm)	Espesor alma (mm)	Altura ala (mm)	Espesor ala (mm)	Altura alma (mm)	Espesor alma (mm)	Altura ala (mm)	Espesor ala (mm)
K	inicial	6.35	500	270	4.75	75	6.35	75	6.35	0	0
	final	6.35	500	120	6.35	50	6.35	75	6.35	0	0
A	inicial	6.35	500	175	4.75	75	6.35	75	6.35	0	0
	final	4.75	500	120	6.35	50	6.35	50	4.75	0	0
B	inicial	6.35	500	175	4.75	75	6.35	75	6.35	0	0
	final	4.75	500	60	4.75	25	4.75	50	4.75	0	0
C	inicial	4.75	500	200	6.35	75	6.35	75	6.35	0	0
	final	4.75	500	155	4.75	100	4.75	50	4.75	0	0
D	inicial	4.75	500	200	6.35	75	6.35	75	6.35	0	0
	final	4.75	500	155	4.75	100	4.75	50	4.75	0	0
E	inicial	4.75	500	200	6.35	75	6.35	75	6.35	0	0
	final	4.75	500	127	4.75	70	4.75	50	4.75	0	0
F	inicial	4.75	500	200	6.35	75	6.35	75	6.35	0	0
	final	4.75	500	127	4.75	70	4.75	75	6.35	0	0
G	inicial	4.75	500	160	4.75	75	6.35	75	6.35	0	0
	final	4.75	500	120	6.35	50	6.35	75	6.35	0	0
H	inicial	4.75	500	160	4.75	75	6.35	75	6.35	0	0
	final	4.75	500	120	6.35	50	6.35	50	4.75	0	0
I	inicial	4.75	500	500	4.75	75	6.35	75	6.35	0	0
	final	4.75	500	120	6.35	50	6.35	50	4.75	0	0
J	inicial	4.75	500	160	4.75	75	6.35	75	6.35	0	0
	final	4.75	0	120	6.35	50	6.35	50	4.75	0	0
L	inicial	4.75	500	160	4.75	75	6.35	75	6.35	0	0
	final	4.75	0	120	6.35	50	6.35	50	50	0	0

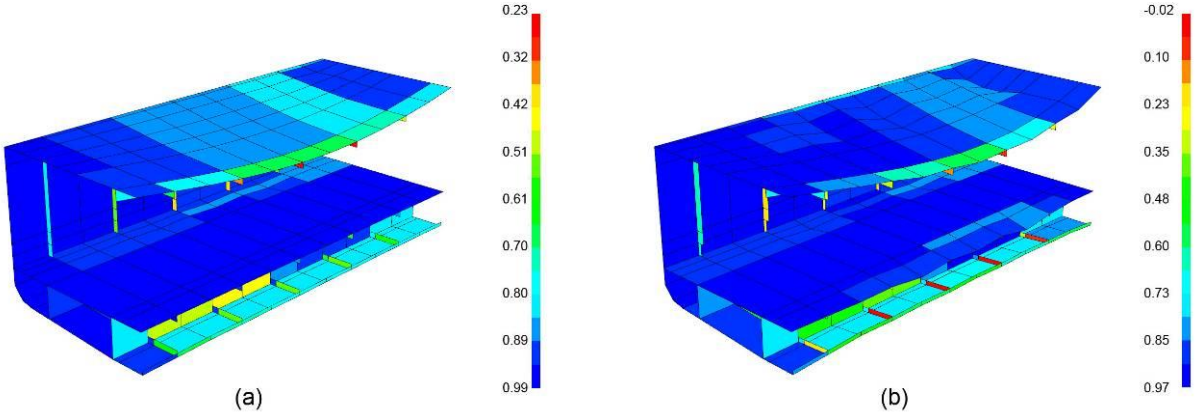


Figura 8. Mínimo valor de idoneidad para cada elemento estructural (a) antes y (b) después de la optimización.

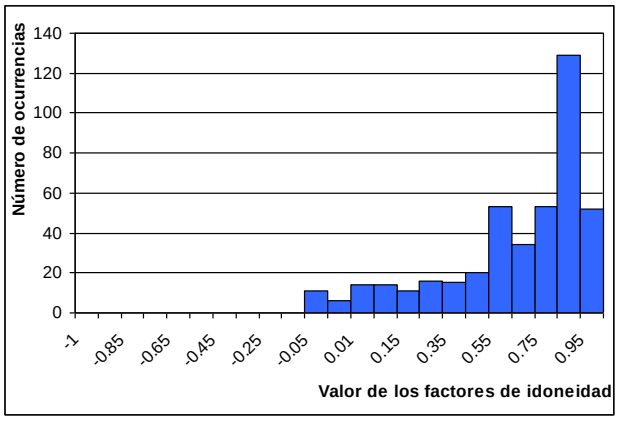


Figura 9. Histograma para los factores de idoneidad.

5. Conclusiones

La optimización estructural implementada en la patrullera de apoyo fluvial liviana resulto de manera global en 18,24 % de reducción de peso de la estructura incluyendo el remplazo de elementos de acero naval por acero balístico. Este remplazo fue previo a implementar el algoritmo de optimización y fue soportado con pruebas de absorción de impacto y análisis dinámico de este material en el casco debido a su baja ductilidad comparado con el acero naval, lo cual sirvió para establecer una restricción mecánica para las zonas permutadas relacionada con el espesor de dichas piezas, 4,75 mm. Un 4,51 % de reducción adicional de peso fue logrado después de este cambio y al iterar los escantillones hasta llevarlos al margen de las fronteras y restricciones definidas dejando un margen en los factores de suficiencia de la estructura muy cercano a cero.

6. Discusión de resultados

Los proyectos de embarcaciones militares siempre poseerán mayores restricciones por las capacidades combativas y por la complejidad de la estructura, por lo que no siempre se contempla una reducción de escantillones para lograr una mínima inversión y máximos ingresos operativos, más bien por evitar restricciones de carácter operativo que son las predominantes y decisivas como fue el caso PAFL con capacidad de navegación en ríos de bajo calado; a diferencia de proyectos mercantes en donde las funciones de merito son estrictamente de rentabilidad y en donde la optimización estructural es más evidente con la considerable reducción de costos operativos o el aumento de carga útil por la reducción de pesos. Sin embargo e indistintamente del tipo de proyecto, el algoritmo dual de optimización empleado permite al tiempo redimensionar los escantillones y estimar las cargas externas mediante balanceo en cada ciclo de iteración y la continua actualización de las restricciones de resistencia.

7. Referencias

[1] Marcelo Cali y Germán Méndez. Memoria técnica estructural de la patrullera de apoyo fluvial liviana - PAFL. Informe técnico, COTECMAR, 2008.

[2] Dirección de investigación desarrollo e innovación. Anexo técnico buque nodriza fluvial VII. Informe técnico, COTECMAR, 2007.

[3] Dirección de investigación desarrollo e innovación. Anexo técnico patrullera de apoyo fluvial liviana. Informe técnico, COTECMAR, 2009.

[4] Owen Hughes. *Ship Structural Design A Rationally-Based, Computer-Aided Optimization Approach*. The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1988.

[5] Optimum Structural Design Inc. *MAESTRO Manual*, 2009.

[6] American Bureau Of Shipping. *Rules for building and classing. Steel vessels for service on rivers and intracoastal waterways*, 2007.

[7] Nato Naval Group 6. Specialist team on small ship design. *Nato/pfp working paper on small ship design*, 2004.

[8] M. Xiea, J.C. Chapmanb, R.E. Hobbs. A rational design model for transverse web stiffeners, *Journal of constructional Steel Research, ELSEVIER 2008*

[9] Jeom Kee Paik_, Bong Ju Kim, Jung Kwan Seo. Methods for ultimate limit state assessment of ships and ship-shaped offshore structures: Part II stiffened panels，*Journal of constructional Steel Research, ELSEVIER 2008*

Importancia de la implementación del control de pesos en la producción de embarcaciones rápidas en materiales compuestos. Caso de estudio: LPR

Roberto Omar Morante Villareal
Jefe Departamento de Estructuras y Materiales, COTECMAR
rmorante@cotecmar.com
Km. 9 Zona Industrial Mamonal, Cartagena – Colombia
Telefono: (57) (5) 6685033 ext. 272
Telefax: (57) (5) 6685377

RESUMEN

La estimación de pesos durante el diseño de embarcaciones tiene una extrema relación con la producción de las mismas debido a que su desempeño depende mayormente del desplazamiento final y de la posición de su centro de gravedad. En embarcaciones construidas en materiales compuestos, en donde las especificaciones finales de fabricación están íntimamente ligadas a la pericia del operario, es vital establecer e implementar un proceso de control de pesos que nazca desde la concepción del diseño básico, que prevalezca a través del diseño contractual y de detalle, y de la producción, y que finalice en las pruebas de puerto previas a la entrega de las embarcaciones, lo cual consiste en establecer inicialmente un peso objetivo basado en capacidades de producción o requerimientos de diseño, luego generar estrategias de control de pesos basadas en índices de producción como porcentajes de peso de resina y fibra, métodos de laminación, permutación y combinación piezas, etc. y ejecutar estrategias de corrección de pesos basadas en funciones de desempeño de la embarcación como su velocidad, estabilidad, comportamiento dinámico etc. La construcción de tres lanchas rápidas de patrullaje en ríos (LPR 40`) es el caso de estudio presentado en este trabajo, aquí se detallan las diversas opciones evaluadas para la implementación del control de pesos y la implementación misma durante la producción. Además, se presentan simulaciones del comportamiento de la embarcación por etapas de avance de la producción cada vez más confiable hasta llegar a la entrega del producto durante las pruebas. Finalmente se detalla un modelo de control que garantizó una entrega del producto acorde a las necesidades de su cliente desde el punto de vista operacional.

ABSTRACT

The weight estimation in small boat design and construction has strong relationship with the boat displacement and the final position of its centre of gravity. In composite materials boats where the final manufacturing specification are closely linked to the worker`s skill and expertise, there must exist a weight control process in all design stages, during construction

and until the sea trial test. The implementation of this process imply to all shipyard departments involved in the boat production once there are contractual agreements, and when initially it is established a goal weight based on production capacity and design requirements, later on generate weight control strategies based on production metrics as percentages by weight of resin and fiber, laminating methods and piece permutation, and finally carry out strategies for weight correction based on boat performance as speed, stability, dynamic behavior, etc. Additionally, there are uncertainties attributed to other materials and equipment specifications where the weight control needs to be managed as limited design space with a rational acquisition process targeting to the best boat performance. The construction of three fast riverine patrol boats (LPR) is the case study presented here and this work describe the different activities which can be carry out for the weight control implementation.

***Palabras claves**: Lancha patrullera de rio (LPR), Diseño de Experimentos (DOE) pesos, monitoreo, incertidumbres, velocidad, desempeño, pruebas de mar*

---

1. INTRODUCCIÓN

Una variedad de términos como ingeniería del control de pesos o estimación de propiedades de masa se usan a menudo cuando se trata de pesos para diseño y construcción de embarcaciones. Generalmente los procesos implícitos en esta disciplina no siempre son atendidos en igual medida cuando los requerimientos varían de uno a otro diseño o del tipo de embarcación y del material de construcción, pero más allá de esa clasificación, el control de pesos comprende no solo el cálculo de los mismos y sus centros de gravedad aplicado a los componentes a bordo sino también su relación con aspectos técnicos y de desempeño, económicos y de riesgo. Tanto es así, que la sola desatención de efectos acumulativos de errores relativamente pequeños en la ingeniería de pesos puede conducir a desempeños insatisfactorios que a su vez pueden amenazar el al entrega final de una embarcación.

Diversas consideraciones pueden ser aplicables a un proyecto de construcción cuando se trata de cumplir los requerimientos iníciales a través de la estricta administración de pesos, mas aun cuando los parámetros a controlar tienen variabilidad y muchas veces dependen de factores estocásticos como la pericia de operarios, su experticia y hasta el ánimo mismo en las condiciones de trabajo. Esto no siempre ocurre en embarcaciones de

acero o de aluminio, pero sí y muy a menudo cuando se fabrican embarcaciones en materiales compuestos y con una infraestructura no automatizada, en donde la variabilidad de las condiciones finales de la estructura y componentes fabricados por las personas es muy alta, lo que hace necesaria la implementación de modelos de control que contemplen lo siguiente:

- Análisis profundo de los requerimientos
- Definición de las variables criticas, sus límites y restricciones,
- Monitoreo continuo y registro de trazabilidad de pesos y centros, y su relación con los acuerdos contractuales,
- Análisis estadístico de datos de pruebas preliminares y proyecciones futuras de pesos,
- Implementación de metodologías de evaluación y selección de materiales basados en desempeño, costo y riesgo,
- Validación de las estimaciones mediante muestreo simple; y,
- Pruebas finales y validación del diseño

Por ello, es vital establecer e implementar un proceso de control de pesos que nazca desde la concepción del diseño básico, que prevalezca a través del diseño contractual y de detalle, y de la producción, y que finalice en las pruebas de puerto y de mar previas a la entrega de las embarcaciones. Esto consiste en establecer inicialmente un peso objetivo basado en capacidades de producción o requerimientos de diseño, luego generar estrategias de control de pesos basadas en índices de producción como porcentajes de peso de resina y fibra, métodos de laminación idóneos a ser usados, permutación y combinación piezas, etc. y a la vez ejecutar estrategias de corrección de pesos basadas en funciones de desempeño de la embarcación como su velocidad, estabilidad, comportamiento dinámico etc. Esto implica que no solo esté involucrado el personal de ingeniería alrededor del proyecto, sino también el cliente, los proveedores de equipos, proveedores de material de alta rotación y las entidades de planeación y construcción del astillero, los cuales deben conocer la estrategia de control de pesos que se está llevando para establecer márgenes de diseño, de incertidumbre e incluso clausulas de penalidades por incumplimiento de pesos a proveedores de equipos que indican pesos mediante catálogos que no son cumplidos al momento de su entrega, o como compromisos previos de personal de producción con objetivos de densidades de laminados por el uso del proceso de fabricación.

A continuación y basado en las consideraciones anteriores se detalla un modelo de control de pesos aplicable a la construcción de embarcaciones en

materiales compuestos que garantiza una entrega del producto acorde a las necesidades del cliente desde el punto de vista operacional. Luego se detallan las diversas actividades evaluadas para la implementación del control de pesos durante la producción de tres embarcaciones de alta velocidad (LPR 40`), además se presentan simulaciones del comportamiento de la misma por etapas de avance de la producción hasta llegar a la entrega del producto durante las pruebas.

2. MODELO DE CONTROL DE PESOS

Este modelo propuesto de control de pesos en embarcaciones fabricadas en materiales compuestos persigue establecer un desplazamiento objetivo y una posición del centro de gravedad basado en los requerimientos contractuales de diseño, en establecer qué pesos son predominantes e influyentes en mayor medida en el diseño y cuáles no, y en definir márgenes, limites y restricciones a las variables afectadas por esos pesos para luego adoptar estrategias de corrección con el fin de mantener el objetivo inicial. En seguida vendría un registro y monitoreo de esos pesos que generen tendencias y alertas basadas en variaciones a través de la construcción de la embarcación. Esto puede considerarse aplicable a todos los proyectos de construcciones de embarcaciones como objetivos generales e independientes, los cuales a su vez derivarán en tareas específicas relacionadas al tipo de embarcación, acuerdos contractuales y sus requerimientos propios de desempeño.

Requerimientos de diseño

Siendo así, las características principales de la lancha patrullera de rio de alta velocidad con capacidades combativas para la ARC se describen en la figura 1 y tabla 1.

Márgenes y Límites

La LPR 40` fue inicialmente concebida para construirse en aluminio naval por lo que aquellas características iníciales sirvieron como partida para mejorar sus condiciones de velocidad al rediseñarse en materiales compuestos. Este rediseño en materiales compuestos fue realizado mediante la determinación de los índices de producción del astillero constructor en cuanto a materiales compuestos, y que a la vez servirían para establecer márgenes de diseño y crecimiento de pesos por grupos constructivos. Para esto, se llevaron a cabo pruebas de laminados por procesos y por operarios a diferentes porcentajes de peso de resina y fibra, y midiendo la variación existente para alcanzar las características mínimas requeridas según la tabla 2 y 3.

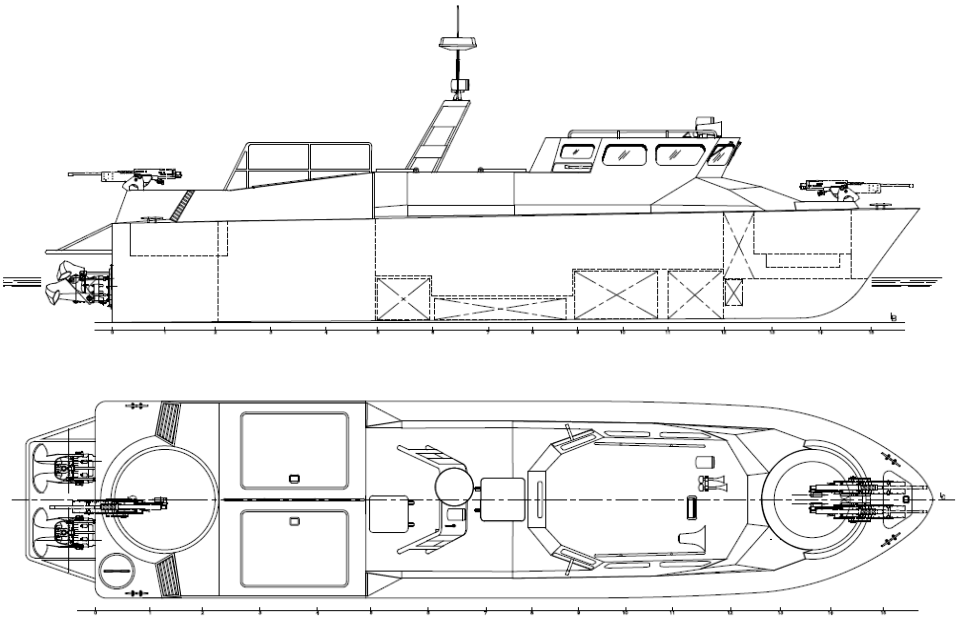


Figure 1.- Lancha patrullera de rio, 40 pies[1]

PERFORMANCE	
Max Speed:	29 Knots (53,7 Km/hr)
Endurance:	5 Days
Range:	500 Kms
DIMENSIONS	
Length:	12,70 m
Breadth:	2,80 m
Depth:	1,53 m
Draft:	0,65 m
Displacement:	12 Ton
CAPACITIES	
Diesel Oil:	625 Gal
ACCOMMODATIONS	
Crew:	06 Crew
GUNS (mounts for guns)	
HMG's:	1X MH2B Double 1X MH2B or MK 19 2X M60
ARMOR	
Balistic Protection:	NIJ Level III (NATO 7.62X51 Cal)
PROPULSION	
Main Engines:	2X 503 BHP@2500 RPM
Propulsion:	2X Water jet
AUXILIARY SYSTEMS	
Electric Power Generators:	1X 4.6kVA @ 60 Hz
Air Conditioning System:	2X 5000 BTU/h
Steering Systems:	2X Hydraulic Nozzle
Fire Extinguishing:	CO2 Fixed for engine room, 4X ABC Portable extinguisher
Anchor:	Danforth Type
Bilge Pumps:	4X 2000 GPH 1X Engine Driven
NAVIGATION	
Radar:	24 MN
Spotlight:	Search
COMMUNICATIONS	
VHF, UHF, HF	

Tabla 1.- Caracteristicas de LPR basadas en requerimientos de diseño[1]

	Carbon/ Vynilester	Glass/ Epoxy	Glass/ Vynilester
Modulo de Young (GPa)	181	38,6	38,6
Relacion de Poisson	0,28	0,26	0,26
Esfuerzo de Fluencia (MPa)	1225	610	496

Tabla 2.- Propiedades mínimas para refuerzos, vagras y cuadernas[2]

	Carbon/ Vynilester	Glass/ Epoxy	Glass/ Vynilester
Modulo de Young (GPa)	70,27	18,97	22,36
Relacion de Poisson	0,29	0,27	0,138
Esfuerzo de Fluencia (MPa)	405,4	254	218,6

Tabla 3.- Propiedades mínimas para paneles

Las conclusiones fueron que el valor esperado de la relación resina/fibra estaría entre 47/53 y 57/43 con un nivel de confianza del 5%. En base a estos resultados, se predijo que el peso de la estructura estaría alrededor de 2150kg manteniendo una incertidumbre del 16% por efectos de producción (traslapes, perdidas, condiciones ambientales, etc.) y en base a ello se difundió una primera

etapa del estado de pesos (tabla 4). Los márgenes para maquinarias y equipos fueron establecidos dentro de un margen global de diseño, que al final contabilizo 25% aproximadamente.

	PESO	VCG	TCG	LCG
GRUPO 100 (Estructura)	2184,81 kg	0,94 m	0,00 m	6,33 m
GRUPO 200 (Propulsión)	2996,60 kg	0,72 m	0,02 m	9,18 m
GRUPO 300 (Electricidad)	537,75 kg	1,18 m	-0,02 m	7,20 m
GRUPO 400 (Electrónica)	53,75 kg	2,13 m	-0,05 m	3,63 m
GRUPO 500 (Sistemas Auxiliares)	252,61 kg	0,87 m	0,18 m	4,32 m
GRUPO 600 (Acomodaciones)	969,10 kg	0,22 m	0,01 m	0,53 m
GRUPO 700 (Armamento)	1451,00 kg	0,99 m	0,02 m	4,86 m
GRUPO F (Consumibles)	2845,00 kg	0,61 m	0,00 m	5,45 m
TOTAL	**11290,62 kg**	**0,76 m**	**0,01 m**	**6,16 m**

Tabla 4.- Estimación inicial de pesos y centros LPR.

Variables a Monitorear (Desplazamiento y KG Limite)

Esta embarcación posee un casco de planeo por las exigencias de velocidad para cumplir sus misiones, además de poder acceder a lugares de bajo calado. Lo anterior condujo a decidir lo determinante que debe ser la atención en la posición longitudinal del centro de gravedad para alcanzar la velocidad contractual y en el desplazamiento final para lograr el acceso a dichos lugares poco navegables por el bajo calado.

Una vez conocidos los requerimientos contractuales del proyecto y haber establecido los márgenes y variables criticas para el tipo de embarcación se procedió a desarrollar estudios del KG[3] y LCG[4] límites para determinar cuantitativamente la influencia de los pesos, límites y restricciones de las variables relacionadas y poder luego establecer las acciones de corrección a desviaciones que se presentaron. Para ello, los diferentes grupos constructivos a través de la lista preliminar de materiales a utilizar y sus ubicaciones a bordo, estimaron la posición del centro de gravedad (C.G.) y el peso de la embarcación para la condición ligera, adoptando una organización interina para este proyecto que se muestra en la figura 2.

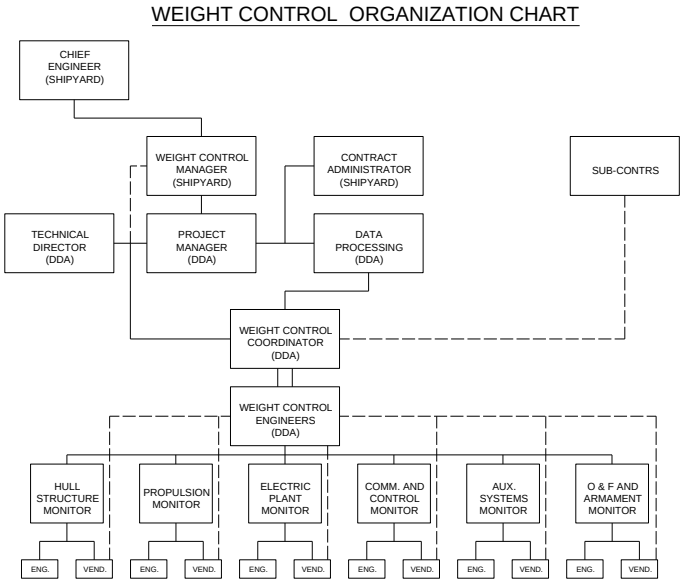


Figure 2.- Organización de control de pesos adoptada[5].

La determinación del KG límite consistió en encontrar la posición más alta y permisible del centro de gravedad para un rango de desplazamientos de la embarcación en donde se evaluaron los siguientes criterios:

- Coding IMO (IMO code on intact stability A.749(18) amended to MSC.75(69))
  - Máximo ángulo de escora debido al giro de la embarcación
  - Vientos severos y criterios de balance
- Código IMO para embarcaciones rápidas (IMO HSC Code MSC.36(63))
  - Áreas bajos las curvas GZ vs. ángulo de escora
  - Angulo de máximo GZ
  - GM inicial

El KG limite se escogió basados en los valores de KG que condujeran a que los criterios anteriores fallen; las conclusiones obtenidas se muestran en la figura 3 y fueron las siguientes:

- Cuando la embarcación estaba en reposo, el KG estaba limitado por el criterio de áreas bajo la curva GZ y GM inicial.
- El KG estimado preliminarmente (VCG=0.76, ver tabla 4) era menor que el máximo KG permitido calculado anteriormente para las condiciones de reposo de la embarcación, siendo este ultimo 1.06m para 11.29ton con criterios de GZ y GM.
- Para las condiciones de velocidad de menores a 15 nudos, el máximo KG permitido era de 0.92m>0.76m.

- Cuando la velocidad de la embarcación era mayor o igual a 15 nudos, el KG se verá limitado por el criterio de ángulo de escora debido al giro de la embarcación. Sin embargo, para velocidades mayores a 19.6 nudos el máximo KG permitido era de 0.76m o cualquier valor menor. Es decir, para maniobras de giro realizadas a una velocidad mayor a 19.6 nudos, este criterio de estabilidad no se cumplía.

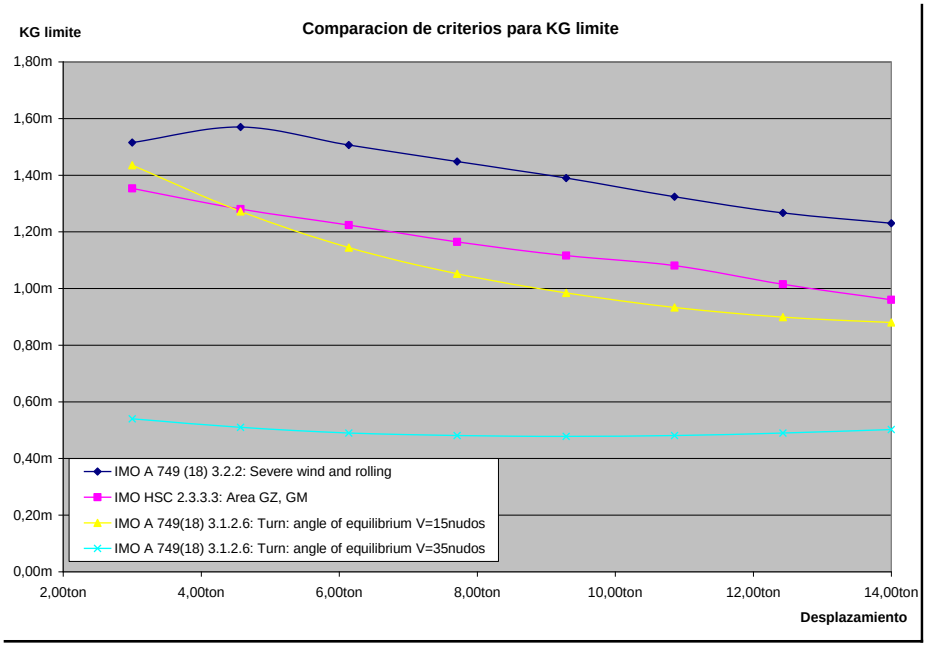


Figure 3.- Comparación de criterios para KG limites

Este análisis del KG permitió revelar únicamente que en reposo la posición vertical del centro de gravedad se encontraba dentro de los valores permisibles para este estudio (considerando criterios de estabilidad intacta). Las maniobras de giro de la embarcación a velocidades mayores a 19.6 nudos no garantizaban el cumplimiento de la norma citada, es decir, el ángulo de inclinación sobre pasaba los 15º. Sin embargo, estas maniobras eran necesarias y el diseño de la LPR debía contemplar reducir la altura del KG estimado hasta un valor que permitiera realizar dichas maniobras cumpliendo dicho criterio.

Influencia predominante de pesos (LCG limite)

Para determinar esta influencia se consideraron los efectos de los lcg´s de los grupos constructivos dentro de la estimación final de pesos y centros:

1. Factor A: LCG Grupo 100

2. Factor B: LCG Grupo 200
3. Factor C: LCG Grupo 300
4. Factor D: LCG Grupo 400
5. Factor E: LCG Grupo 500
6. Factor F: LCG Grupo 600
7. Factor G: LCG Grupo 700
8. Factor H: LCG Grupo 800

Y se llevo a cabo un diseño factorial completo no replicado por tratarse de un modelo determinístico[6]. Mediante un tamizado se asumieron valores altos y bajos de lcg's de los grupos constructivos correspondientes a +5% y -5% del LCG original de cada grupo lo cual resulto en 28 combinaciones o 256 corridas del modelo determinístico de potencia para la variación del LCG, dejando establecido que los lcg´s significativos para este proyecto fueron los correspondientes a los grupos 100, 200 700 y 800 como se muestra en la tabla 5

TERMINO DEL MODELO	CONTRIBUCIÓN PORCENTUAL
A (LCG GRUPO 100)	**26,712%**
B (LCG GRUPO 200)	**47,293%**
C (LCG GRUPO 300)	0,938%
D (LCG GRUPO 400)	0,002%
E (LCG GRUPO 500)	0,075%
F (LCG GRUPO 600)	0,016%
G (LCG GRUPO 700)	**6,140%**
H (LCG GRUPO 800)	**18,824%**

Tabla 5.- Estimación de los efectos de los factores y sumas de cuadrados del diseño factorial 2^8

Una vez determinados los lcg´s significativos en este proyecto se procedió a estimar la influencia de cada uno de ellos en la velocidad de la embarcación mediante otro modelo determinístico de predicción de velocidad. En este caso se tuvieron las siguientes consideraciones:

1. Se considerarán los efectos de 4 factores
   - Factor A: LCG Grupo 200
   - Factor B: LCG Grupo 700
   - Factor C: LCG Grupo 800
   - Factor D: Desplazamiento LPR
2. Se llevo a cabo un diseño factorial completo y no replicado usando el modelo de predicción de velocidad de Savitsky[7]

Al igual que el experimento anterior se desarrolló un tamizado y se asumieron los mismos valores altos y bajos de lcg's para los grupos constructivos correspondientes a +5% y -5% del LCG original de cada grupo, y se varió el desplazamiento de la LPR en +5% y -5% del estimado inicialmente conduciendo a los resultados presentados en la tabla 6, los cuales indicaron que los factores significativos en el modelo fueron los correspondientes a los factores A (LCG GRUPO 200), C (LCG GRUPO 800) y D (DESPLAZAMIENTO LPR), y a las interacciones AD y CD.

CONTRIBUCIÓN PORCENTUAL	
A (LCG GRUPO 200)	**0,532%**
B **(LCG GRUPO 700)**	0,079%
AB	0,001%
C (LCG GRUPO 800)	**0,623%**
AC	0,022%
BC	0,002%
ABC	0,002%
D (DESPLAZAMIENTO)	**94,585%**
AD	**0,748%**
BD	0,140%
ABD	0,019%
CD	**3,187%**
ACD	0,041%
BCD	0,020%
ABCD	0,000%

Tabla 6.- Estimación de los efectos de los factores y sumas de cuadrados del diseño factorial 2^4

Selección racional de materiales críticos (Paneles Balísticos)

A seguir y mientras se desarrollaba la ingeniería de detalle de las lanchas patrulleras de río tuvieron que generarse términos de referencia para la adquisición de paneles balísticos que poseían las características de peso y niveles de protección requeridos por el proyecto y ofertados por diversos proveedores, por lo que la selección de este material influía en el centro de gravedad y el peso de la embarcación para el desempeño final en condición de planeo. Se llevaron a cabo simulaciones y predicciones de potencia para embarcaciones de planeo a diversas condiciones de carga, determinadas en este caso por el peso total de los paneles balísticos a bordo, y se determino la influencia resultante en el desempeño de la LPR para valores entre 15 y 21kg/m^2 de los paneles balísticos. Se grafico predicción de potencia y la curva de empuje del propulsor a instalar (HAMILTON H322) a una potencia de entrada del 80% del MCR (80% de 375kw) y se obtuvieron los resultados de la figura 4.

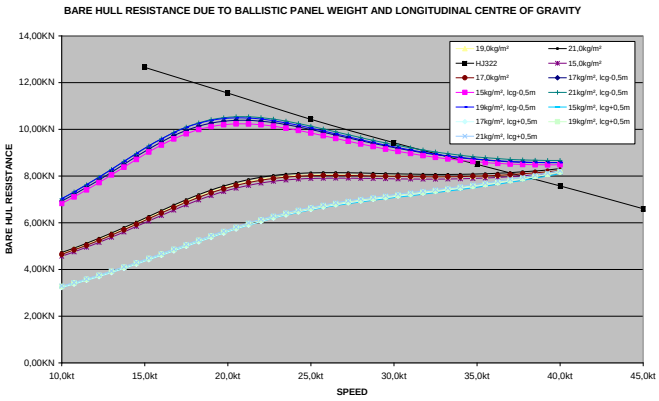


Figure 4.- Predicción de potencia para determinar influencia de paneles balísticos

De estos resultados se concluyo con un alfa de 5% que no hubo diferencia significativa en el peso de los paneles balísticos para el rango considerado en el mercado mientras que si existió diferencia significativa en las posiciones

longitudinales de gravedad (LCG`s). Sin embargo, se pudo determinar la curva de evaluación de desempeño de los proveedores de material balístico para la selección racional de los mismos, la cual se presenta en la figura 5.

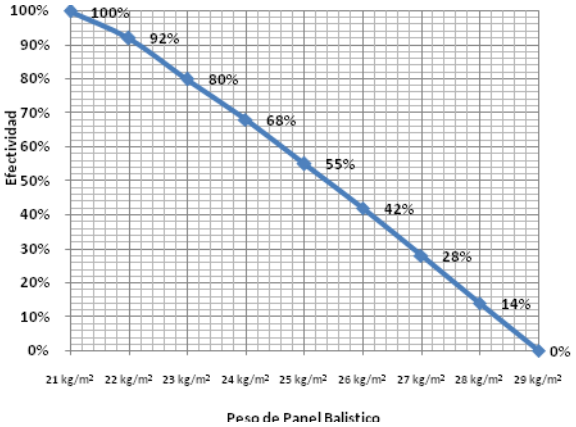


Figure 5.- Curva de selección de proveedores de paneles balísticos

Estrategia de corrección de pesos

La estrategia de corrección en este proyecto se baso en realizar cambios racionales en la posición longitudinal de equipos y materiales a bordo correspondientes a los grupos constructivos que presentaron mayor sensibilidad al cambio del LCG global de la embarcación, aunque cabe destacar que los análisis realizados en este proyecto condujeron a estrategias de corrección de pesos a través de la construcción y antes de la entrega de la embarcación, y que ciertamente no son aplicables a otras embarcaciones ya que las combinaciones de requerimientos, restricciones, variables criticas y metodóloga racional para toma de decisiones puede variar de un proyecto a otro. De los experimentos factoriales anteriores, el primero mostró en orden de importancia que los grupos 200, 100, 800 y 700 eran determinantes para el LCG. Sin embargo, el LCG del grupo 100 no permitía tanta variación debido a que la configuración de la estructura obedece a posiciones fijas a bordo. Esto condujo a disponer únicamente de la libertad de movimiento de materiales y equipos en los grupos 200 y 700 en la etapa de diseño y al grupo F en la operación de la lancha. Por otra parte, habiendo considerado el nivel de complejidad que existía para cambiar posiciones longitudinales en los tres grupos filtrados, se planteo lo siguiente:

- De acuerdo al modelo de regresión del segundo experimento, cambiar racionalmente la posición longitudinal de materiales y equipos del grupo 200 lo mas a proa posible (tentativamente a una posición del lcg_{200} = 8.719m desde el extremo más a proa de LPR, o 46.1cm a proa de la posición actual).
- A seguir, cambiar racionalmente la posición longitudinal de materiales y equipos del grupo 700 a fin de obtener un LCG que resulte en la mayor velocidad predicha posible después del cambio anterior en el grupo 200.

- Por último, simular las condiciones de carga y trasvasije de líquidos (grupo F) longitudinalmente para lograr la mayor velocidad predicha posible después del cambio anterior en el grupo 700.

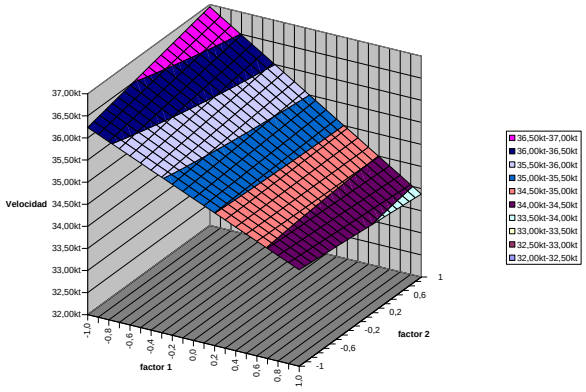


Figure 6.- Superficie de respuesta para LCG grupo F y el desplazamiento

Se pudo encontrar también el máximo desplazamiento permitido para que la velocidad de la LPR sea de al menos 29 nudos (velocidad ofertada en el contrato), el cual fue 13046kg con los márgenes establecidos (figura 7)

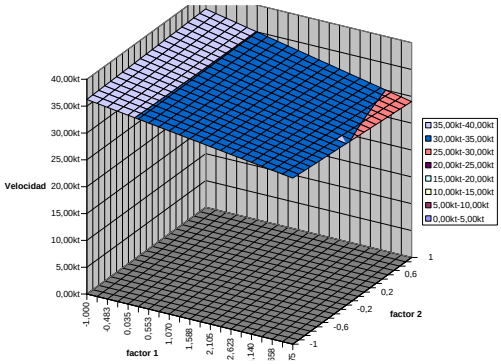


Figure 7.- Superficie de respuesta para determinar el desplazamiento necesario a 29 nudos

Monitoreo y trazabilidad de pesos

El control de pesos necesitó de una herramienta de análisis que procese el estado de las variables críticas y a la vez una continua retroalimentación de dicha herramienta. Para lo cual, a lo largo de la construcción de LPR se establecieron etapas de monitoreo y análisis de acuerdo al porcentaje de avance[8]. Se consolido toda la información en formatos desarrollados para tal fin como hojas de control, mostrada en la figura 8 y en los siguientes hitos:

- 1era Etapa: Cierre Diseño preliminar
- 2da Etapa: Cierre Diseño Básico
- 3era Etapa: Compra de materiales
- 4ta Etapa: Protección Balística Casco
- 6ta Etapa: Compra Motores Caterpillar
- 7ma Etapa: Protección Balística Cabina

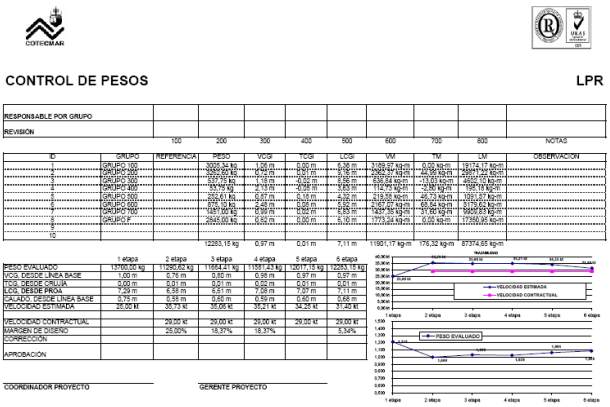


Figure 8.- Formato de control de pesos implementado

La trazabilidad de las características contractuales de la embarcación fue registrada en dichos formatos para monitorear el comportamiento del proyecto y el compromiso de los

objetivos inicialmente acordados con el cliente en reportes de variación como los mostrados en la figura 9:

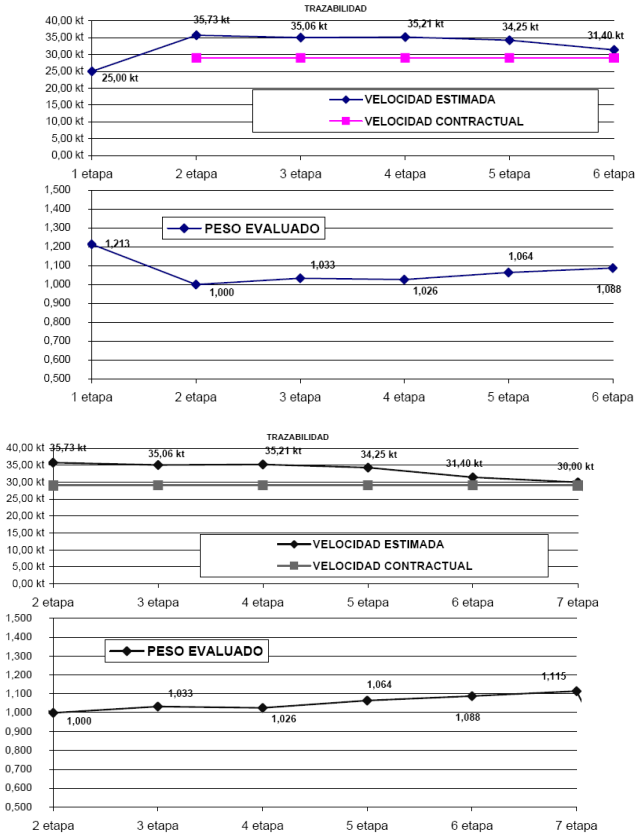


Figure 9.- Trazabilidad de control de pesos en el proyecto LPR

Al final del proyecto, el haber determinado los márgenes de diseño e incertidumbres y las variables criticas, haber seleccionado racionalmente los materiales y establecido clausulas de cumplimiento de las restricciones de desempeño, y haber ejecutado las estrategias de corrección de pesos condujo a poder cumplir los acuerdos contractuales de velocidad y calado con las condiciones de habitabilidad, capacidad de carga y de combate de las lanchas patrulleras de rio de 40´. Esto pudo comprobarse cuando debido a los márgenes de crecimiento de pesos por la variabilidad estimada inicialmente y al margen de diseño establecido a la condición de operación de los motores, la LPR presentaba una velocidad controlada de 30nudos en la 7ma etapa del control de pesos, lo que generaría confiabilidad en los resultados al momento de las pruebas de mar finales.

3. VALIDACIÓN DEL MODELO DE CONTROL DE PESOS Y DETERMINACIÓN DE MÁRGENES REALES DE DISEÑO

Habiendo realizado estimaciones iniciales y proyecciones futuras de pesos, incertidumbres y márgenes de diseño, y la selección racional de materiales junto con el continuo monitoreo de pesos por etapas, la LPR alcanzó una velocidad de 39.43nudos en condición máxima y estado de mar 0 durante las pruebas de mar. Las pruebas de arranque y de mar de los motores CAT C9 revelaron que la carga de los mismos fue del 97% en la condición de diseño, de lo que se concluyo que del 25% del margen establecido (por la incertidumbre en el laminado final y en los pesos del equipamiento) solo se consumió un 4% debido a las estrategias de corrección

implementadas y a la toma de decisiones racional para la instalación de equipos a bordo basados en una medida de desempeño de mínimo peso y máxima velocidad.

4. CONCLUSIONES

Se implementó el modelo de control de pesos como una organización interna del astillero, en donde se realizaron diversas actividades relacionadas a mantener los acuerdos contractuales sin cambios. También, se demostró la importancia de aplicar metodologías racionales de diseño que garanticen la validación del mismo para tener altas posibilidades de cumplimiento con los acuerdos contractuales y que la estimación preliminar de pesos mediante pruebas preliminares en embarcaciones fabricadas en materiales compuestos es vital cuando existen altas variabilidades dependientes del factor humano. Finalmente se encontró que aunque las variabilidades de ciertos pesos de equipos a instalar a bordo de una embarcación no fueran tan altas, es indispensable adquirirlos mediante una metodología de selección racional ya que en embarcaciones menores de alta velocidad la influencia de los mismos es significativa.

5. BIBLIOGRAFÍA

[1] Dirección de investigación desarrollo e innovación, Anexo Técnico Contractual LPR 40`, COTECMAR 2007

[2] Galanis Konstatinos, Hull Construction with composites materials for Ships, Massachusetts Institute of Technology 2002

[3] Morante Villareal Roberto, Estudio del KG límite para el control de pesos LPR, COTECMAR 2008

[4] Morante Villareal Roberto, Estudio del LCG límite para el control de pesos LPR, COTECMAR 2008

[5] SNAME Panel SD-1 (Weight Engineering), Two model weight control plans for ships, SNAME 1986

[6] Montgomery Douglas, Design and Analysis of Experiments 5th edition, John Wiley & Sons 2001

[7] Savitsky Daniel, Procedures for Hydrodynamic Evaluation of Planning Hulls. DAVIDSON LABORATORY

[8] Thomas Lamb, Ship Design and Construction Volume 1, SNAME 2003

PRUEBAS A ESCALA REAL DE CARACTERISITCAS DE MANIOBRABILIDAD DE BUQUES CON SISTEMAS DE PROPULSION TIPO "PUMP – JET"

Carreño Moreno, Jorge Enrique [1(*)]; Jiménez, Víctor Hugo [1]; Sierra Vanegas, Etty Yenessy [1]
1 - COTECMAR | (*) Colombia

Resumen

El objetivo principal de este trabajo es presentar la metodología desarrollada para identificar las características de maniobrabilidad de buques de desplazamiento con sistemas de propulsión no convencionales, tomando como caso de estudio los Buques Patrulleros de Apoyo Fluvial Pesados "PAF-P" de tercera generación de la Armada Colombiana, construidas por COTECMAR. Lo anterior por medio de pruebas de mar a escala real, cuya finalidad es verificar el cumplimento de los criterios de maniobrabilidad, de acuerdo a las formas de casco, sistemas de propulsión, misión y gobierno de las embarcaciones. El conjunto de maniobras que permiten el estudio experimental, más eficiente, fue seleccionado a partir de un diseño de experimentos con datos simulados en el software de diseño naval TRIBON M3, que incluyen círculo evolutivo a diferentes velocidades de aproximación y ángulos de timón, espiral, zig-zag. La experimentación debe considerar la instrumentación y metodologías necesarias para conducción de pruebas, para lo cual se diseño un sistema de adquisición de datos portátil basado en PC, que permite realizar las conexiones adecuadas de los sensores y equipos requeridos para cada prueba, además del desarrollo de instrumentos virtuales en LabVIEW para adquisición de datos.

Introducción

La Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial, COTECMAR, en Colombia, diseñó y construyó una serie de buques "PAF-P" con el fin de incrementar la presencia de la Armada Nacional y su Infantería de Marina en los más de 13.000 Km. de ríos navegables del país, la misión principal de estos buques, es la de prolongar la duración y el espacio de cubrimiento de los ECF (Elemento de Combate Fluvial) conduciendo operaciones de asalto, vigilancia, control, interdicción, seguridad y operaciones de apoyo en el área de interés. La primera y segunda generación de estos buques, está conformada por cuatro unidades, equipadas con sistemas de propulsión consistentes en dos hélices accionadas por motores diesel y un sistema de gobierno compuesto por dos timones compensados. El primer Buque de la serie "ARC GUILLERMO LONDOÑO" fue

comisionado en el mes de Enero de 2.000 en tanto que el cuarto entró en operación en el año 2004. Estos buques cumplen misiones en ríos tropicales, caracterizados por un ancho curso, no canalizados ni señalizados, con aguas de muy poca profundidad, especialmente en los meses de temporada seca, al punto que la relación profundidad - calado (H/T) puede reducirse hasta 1,5.

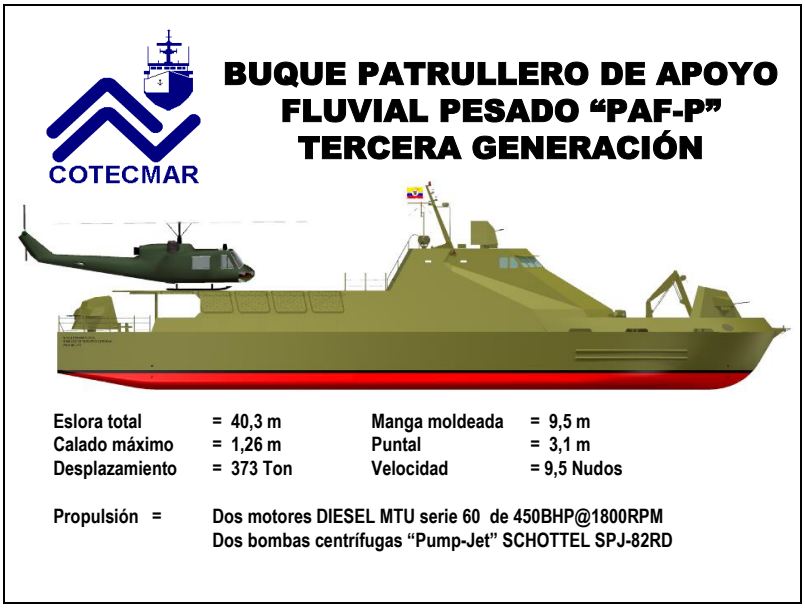


Ilustración 1 Características generales buque PAF-P tercera generación

La retroalimentación del desempeño operacional de los buques en sus primeros años de operación evidenció la necesidad de introducir diferentes tecnologías para la propulsión y gobierno de estos buques. En primer lugar, las hélices con una mínima inmersión, generan impulsos de presión que son transmitidos a través del codaste a la estructura del buque, generando efectos nocivos no solo en los equipos y estructuras menos rígidas sino desmejorando las condiciones de confort de la tripulación; igualmente los objetos que flotan en las aguas de los ríos tales como troncos se convierten frecuentemente en fuentes generadoras de averías, al deformar las aspas de las hélices y los timones. Por otra parte, las condiciones de maniobrabilidad de buques con relaciones manga – calado (B/T) muy altas (para el caso de los PAF-P la relación B/T = 7,5) son críticas debido a que aparece una inestabilidad de ruta, situación que se agudiza por la navegación en aguas muy poco profundas con presencia de corrientes.

La problemática anterior así como la revisión de los roles y capacidades operacionales de los buques PAF-P hizo necesaria una reingeniería, que inició en el mes de septiembre del 2003 con las pruebas en el canal de experiencias hidrodinámicas de Gdansk Polonia CTO: "Centrum Techniki Okretowej" donde se desarrollaron ensayos de resistencia al avance del buque en diferentes condiciones de profundidad, así como ensayos de autopropulsión con una nueva configuración, es decir con dos propulsores tipo "Pump Jet" modelo SPJ 82RD, fabricados por Schottel, accionados por motores diesel MTU Serie 60 450BHP@1800RPM con una conexión compuesta por engranaje reductor e inversor de marcha y un eje cardánico, tal como se muestra en la ilustración 2.

La tercera generación de PAF-P, ver ilustración 1, está compuesta por cuatro buques, el primero de los cuales fue comisionado en al año 2005 y los dos últimos en el mes de marzo de 2009. Las mejoras en términos de maniobrabilidad y confiabilidad del sistema de propulsión y gobierno han sido evidentes, dada las características propias del mismo, por una parte se eliminan totalmente los apéndices tales como arbotantes, hélices, ejes y timones, lo cual implica que no hay posibilidades de averías por impactos con objetos flotantes; en tanto que la posibilidad de controlar los chorros de agua de cada bomba de manera independiente en cualquier dirección, le imprime unas condiciones de maniobrabilidad excepcionales al buque en términos de facilidad de evolución y de cambio de rumbo, capacidad táctica importante en un combate para orientar sus armas por el costado apropiado, no obstante lo anterior persiste la inestabilidad de ruta, es decir la capacidad de mantener un rumbo por la baja área de deriva (L x T) y la carencia de superficies de control.

Teniendo en cuenta la problemática existente, se desarrolló el proyecto "Pruebas de Mar", en el que uno de sus objetivos, fue el de efectuar las pruebas a escala real de las PAF-P para identificar sus características de maniobrabilidad, siguiendo los estándares para maniobrabilidad de buques, adoptados por la OMI (Organización Marítima Internacional) y promulgados en la resolución A. 751 (18) en el año 1993 además de la circular MSC/Circ.644 publicada en junio de 1994; las características de maniobrabilidad, promulgadas por la OMI, son medidas típicas que tienen un interés náutico en el desempeño de los buques.

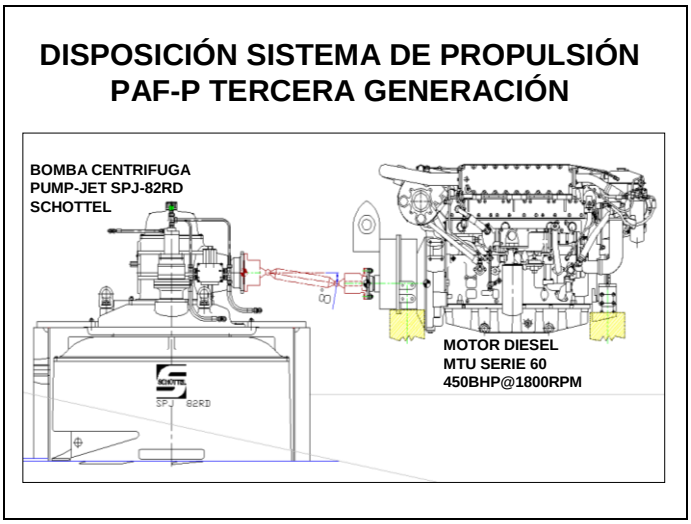


Ilustración 2 Disposición sistema de propulsión PAF-P tercera generación

Para valorar estas cualidades la OMI recomienda la realización de pruebas de círculo evolutivo, pruebas de zig-zag y pruebas de parada de colisión, sin embargo los estándares referidos no cubren todos los tipos de buques ni las circunstancias operacionales en que navegan algunos de ellos. Particularmente la Unión Europea en el año 2006 adoptó la directiva Nº 2006 C/166-E/01 en la cual se establecen los requerimientos de maniobrabilidad a ser cumplidos por los buques que navegan en la red fluvial europea y se resumen en la capacidad de parar, capacidad de marcha atrás, capacidad de ejecutar maniobras evasivas y capacidad de virar contra la corriente.

Las pruebas de mar a escala real fueron conducidas por COTECMAR, en el "ARC STCIM EDIC CRISTIAN REYES HOLGUÍN", último buque de la tercera generación de PAF-P, en la Bahía de Cartagena en la Costa Caribe Colombiana, durante los meses de marzo y abril de 2009 en aguas someras (H/T = 2,4) y aguas profundas (H/T > 10). El buque fue sometido a pruebas de círculo evolutivo a diferentes velocidades de aproximación y ángulos de timón, zig-zag y parada emergencia; la instrumentación usada durante las pruebas incluía un DGPS (Differential Global Positioning System), un giroscopio inercial, sensores transmisores de dirección de empuje de los propulsores, veleta y anemómetro, un par de sensores ópticos y un sistema de medición de torque. Los datos sensados fueron adquiridos por medio de instrumentos virtuales desarrollados en LabVIEW para este propósito, centralizando la información en un ordenador localizado en el puente de mando de la embarcación.

Características de maniobrabilidad

Para evaluar las características de maniobrabilidad promulgadas por la OMI, estabilidad dinámica inherente, capacidad para mantener un rumbo, capacidad de giro, capacidad de parada y aptitud para corregir la guiñada, esta ha establecido parámetros valorados a través de pruebas de maniobrabilidad como círculos evolutivos, zig-zag y parada de colisión; COTECMAR selecciono dichas maniobras para llevar a cabo pruebas de mar en las PAF-P que se consideran en este estudio. Los parámetros que permiten evaluar las características de maniobrabilidad, durante la ejecución de estas maniobras, se muestran en la tabla 1.

Según OMI, SNAME (The Society of Naval Architects and Marine Engineers) e ITTC (Internacional Towing Tank Conference) las condiciones en las que se debe desarrollar las pruebas de mar son plena carga, no asiento, aguas profundas y no restringidas, ambiente en calma, sostenimiento de velocidad constante, estado de mar menor a 4 y velocidad de viento verdadero menor a Beaufort 5.

Tabla 1. Parámetro de evaluación característica de maniobrabilidad

Circulo evolutivo (Habilidad de giro del buque)	Zig-zag (Capacidad de caída y mantenimiento de rumbo)	Parada de emergencia
Avance	Tiempo de giro inicial	Tiempo de parada
Transferencia	Tiempo para la segunda ejecución	Distancia
Diámetro táctico	Tiempo para comprobar la guiñada	Desviación lateral
Tiempo en que el rumbo cambia 90°	Ángulo de sobrepaso (overshoot)	
Tiempo en que el rumbo cambia 180°		

Pruebas de mar a escala real

Este proyecto de investigación[1] ha sido desarrollado desde el año 2006 por la Dirección de Investigación, Desarrollo e Innovación de COTECMAR, por medio de un proyecto de tesis doctoral[2] y tres proyectos de tesis de pregrado[3]. El proyecto se ha estructurado en tres partes:

1. Desarrollo del diseño de experimento.
2. Desarrollo de una metodología para conducción de pruebas de mar.

[1] Proyecto de investigación de Pruebas de mar

[2] Proyecto de de tesis Doctoral, CN Jorge Enrique Carreño Moreno, Universidad Politécnica de Madrid.

[3] TN Carlos Augusto Estévez Duran, TN Carlos Enrique Hernández Cruz, Escuela Naval Almirante Padilla. Cesar Mauricio Quimbaya Sarmiento, Universidad Central. Etty Yenessy Sierra Vanegas, Universidad Tecnológica de Bolívar.

3. Sistema de adquisición de datos.

1. Diseño de experimento

El número de corridas y el costo que representa el hecho de hacer experimentación con un buque a escala real sobrepasa los recursos disponibles y lo hacen inviable. Haciendo uso de la metodología de diseño de experimentos y del diseño factorial fraccionado de dos niveles, Montgomery [8], el experimentador puede suponer razonablemente que ciertas interacciones de orden superior son insignificantes, permitiéndolo obtener información de los efectos principales y de las interacciones de orden inferior corriendo únicamente una fracción del experimento factorial completo.

Siguiendo la misma metodología presentada por Islam et al. [9], se presenta a continuación el diseño del experimento de exploración (screening) para conducir las pruebas de mar para la maniobra de círculo evolutivo. En primer lugar se ha hecho un análisis dimensional de los principales factores que intervienen en la maniobra en mención, teniendo en cuenta el interés de estudiar la influencia de la navegación en aguas poco profundas, el objetivo es identificar los factores más significativos, de tal forma que se puedan eliminar para en una etapa posterior diseñar el experimento de manera racional con los factores restantes. En la tabla 2 se muestran las características del diseño de exploración llevado a cabo mediante el software STATGRAPHICS Centurión XV © Versión 15.2.14.

Con el fin de evaluar la linealidad del efecto de los factores se han agregado cuatro puntos centrales por bloque, de tal forma que se obtiene un diseño 2^{k-1} es decir 2^{4-1}, 8 corridas más cuatro puntos centrales para un total de 12 corridas aleatorizadas. Se ha omitido intencionalmente el factor costado de ejecución de la maniobra, el cual será introducido en la fase final de diseño del experimento. La razón es que no es posible obtener una variación en la respuesta a partir de simulación con el software TRIBON-M3©, el cual ha sido usado para obtener los valores de Diámetro Táctico, como se observa en la tabla 3.

Tabla 2 Diseño de experimento de exploración

Clase de diseño: De Exploración (Screening)
Nombre del Diseño: Media fracción 2^4-1
Comentario: Circulo evolutivo

Diseño Base
Número de factores experimentales: 4
Número de bloques: 1
Número de respuestas: 1
Número de corridas: 12, incluyendo 4 puntos centrales por bloque
Grados de libertad para el error: 4
Aleatorizar: Sí

Factores	*Bajo*	*Alto*	*Unidades*	*Continuo*
Velocidad	3,0	9,0	Nudos	Sí
Carga	LIGHT	FULL		No
Profundidad	1,5	10,0	metros	Sí
Timón	5,0	15,0	grados	Sí

Respuestas	*Unidades*
Diámetro Táctico	m/L

Las simulaciones mostradas en la tabla 3 fueron desarrolladas en el software de diseño TRIBON-M3©, usando los modelos matemáticos de buques de formas llenas y equipados con timones convencionales y hélices, dado que no se dispone de una herramienta de cálculo para la predicción de características de maniobrabilidad de buques con sistemas de propulsión y gobierno no convencional tipo Pump-Jet.

Tabla 3 Resultados de simulación con SOFTWARE TRIBON M3 ©

Corrida	Velocidad [Nudos]	Condición de Carga	Profundidad [m]	Timón [°]	Diámetro Táctico/Eslora
1	9	FULL	1,5	5	5,07
2	6	FULL	5,75	10	5,33
3	3	LIGHT	1,5	5	10,96
4	3	FULL	10	5	12,19
5	9	LIGHT	1,5	15	3,47
6	6	LIGHT	5,75	10	6,14
7	3	LIGHT	10	15	4,58
8	6	LIGHT	5,75	10	6,14
9	6	FULL	5,75	10	5,33
10	9	LIGHT	10	5	11,68
11	3	FULL	1,5	15	2,57
12	9	FULL	10	15	3,29

El análisis estadístico del modelo fraccionado de dos niveles con cuatro puntos centrales se centra en la obtención de los factores más significativos en la respuesta, de acuerdo a lo presentado en la tabla 2. En la ilustración 3, se observa el diagrama de Pareto, el cual puede usarse para identificar los factores más significativos. En el caso de estudio, se eliminan las interacciones de segundo, tercero y cuarto nivel, así como el factor Carga. El factor velocidad aunque no es muy significativo, se mantiene para darle una mayor robustez al experimento.

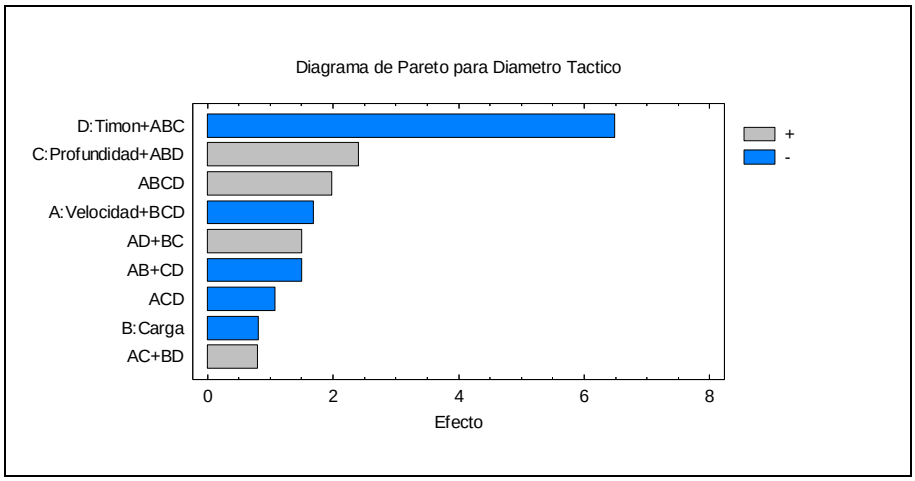


Ilustración 3 Diagrama de Pareto para Diámetro Táctico

Finalmente, se puede obtener una superficie estimada de respuesta a partir de los factores significativos y un modelo de regresión, tal como se observa en la ilustración 4.

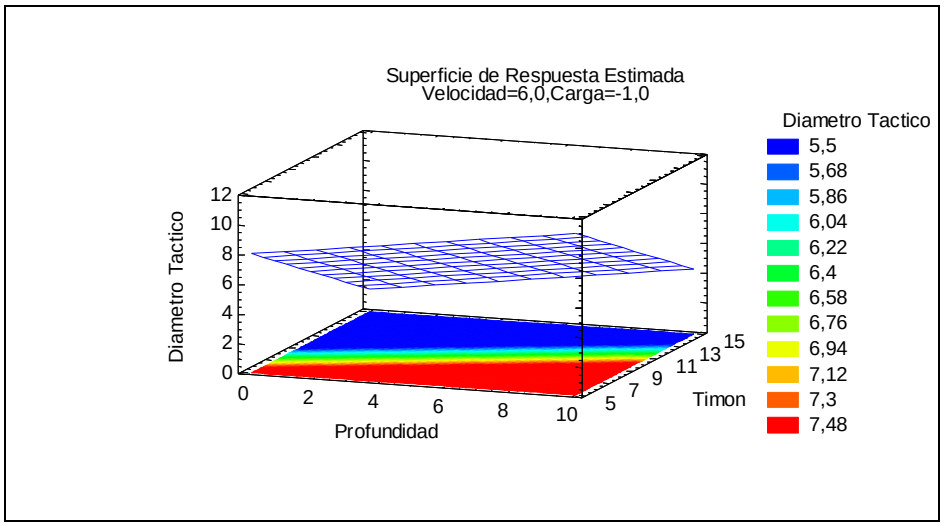


Ilustración 4 Superficie de respuesta estimada

Los tres factores significativos a estudiar son: Ángulo de timón, velocidad del buque y profundidad. Igualmente y por requerimiento de la normatividad OMI, será incluido para el diseño de experimento final un factor generador de errores aleatorios el cual es el costado al cual se ejecuta la maniobra, es decir Estribor o Babor.

En la ilustración 4, se muestra el diseño de experimento factorial 2^k con dos puntos centrales y cuatro factores, es decir 18 corridas en total. El hecho de haber desarrollado este proceso ha permitido no solo eliminar un factor e interacciones no significativas sino haber optimizado el número de corridas frente al que se pretendía inicialmente mediante un diseño con tres

factores de tres niveles cada uno (Velocidad, profundidad y timón), así como dos factores discretos con dos niveles cada uno, es decir Condición de carga y costado de la maniobra. En total se ha reducido el número de corridas de un valor de 108 (3^3 x 2 x 2) a tan solo 18, tal como se muestra en la tabla 5.

Tabla 4 Diseño de experimento factorial

Design name: Factorial 2^4
Comment: Círculo evolutivo

Base Design
Number of experimental factors: 4
Number of blocks: 1
Number of responses: 1
Number of runs: 18, including 2 centerpoints per block
Error degrees of freedom: 7
Randomized: Yes

Factors	*Low*	*High*	*Units*	*Continuous*
Costado	EBR	BBR		No
Profundidad	3	12	metros	Yes
Velocidad	3	9	Nudos	Yes
Timón	10	20	Grados	Yes

Responses	*Units*
Diámetro Táctico	m/L

Tabla 5 Diseño de experimento final para Diámetro Táctico

CORRIDA [#]	COSTADO	PROFUNDIDAD [m]	VELOCIDAD [nudos]	TIMON [º]
1	BBR	3	3	10
2	BBR	12	3	10
3	BBR	12	3	20
4	EBR	12	9	10
5	BBR	12	9	10
6	EBR	12	9	20
7	EBR	3	9	20
8	BBR	3	9	10
9	BBR	12	9	20
10	EBR	3	3	20
11	BBR	3	3	20
12	EBR	7.5	6	15
13	EBR	12	3	10
14	EBR	3	3	10
15	EBR	12	3	20
16	BBR	3	9	20
17	BBR	7.5	6	15
18	EBR	3	9	10

El número de corridas listado en la tabla 5 se justifica desde el punto de vista de interés científico de los autores para la validación de modelos matemáticos de maniobrabilidad de buques con sistemas de propulsión no convencional que navegan en aguas poco profundas. Los valores bajos y altos de los factores descritos en la tabla 4 difieren de la tabla 2 por razones prácticas. En el caso de la profundidad, está condicionado por el área en la que se conducen las maniobras dentro de la Bahía de Cartagena, encontrándose solo profundidades constantes de 3 metros, para relaciones H/T = 2,4 y profundidades mayores de 13 metros para el caso de relaciones H/T > 10 en las cuales se considera que no existe el efecto de canal. Igualmente previo al inicio formal de pruebas se ha decidido aumentar el ángulo incidencia del chorro de agua de las bombas, aumentándolo de 10 a 20 grados dado que no hay un efecto de respuesta significativo sobre el buque con ángulos menores.

2. Guía metodológica para conducción de pruebas de mar.

En el desarrollo de la guía metodológica se consideran fuentes de información que contemplan la normatividad para pruebas de mar en buques, obteniéndose esta información de publicaciones emitidas por la Organización Marítima Internacional, International Towing Tank Conference, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, British Maritime technology e International Organization for Standardization. Se realizó una revisión de los criterios de maniobrabilidad promulgados por la organización marítima internacional [1] y [2], así como aquellos recomendados por diferentes autoridades regionales orientados a buques que navegan en canales, aguas restringidas y ríos.

La guía metodológica consta de un flujograma del planteamiento de las pruebas de mar en buques así como de los siguientes documentos:

1. Solicitud de las características del buque al armador.
2. Inspección de obra viva por parte de buzos.
3. Cartilla Explicativa de la prueba de Mar.
4. Registro de información pruebas de Mar.
5. Procedimiento para el desarrollo de la maniobra de Círculo Evolutivo.
6. Procedimiento para el desarrollo de la maniobra de ZIG-ZAG.
7. Procedimiento para el desarrollo de la maniobra Parada de Emergencia.

8. Informe técnico para el astillero.
9. Informe de resultados para cliente.

La Guía Metodológica examina la planeación (preparación), ejecución (desarrollo) y evaluación (análisis y reporte) de las pruebas de mar; considera además la reunión pre pruebas armador-astillero que debe realizarse, las responsabilidades, la instrumentación y material necesarios, instalación de equipos a bordo, ejecución de maniobras incluidas en las pruebas de mar y finalmente generación de reportes y resultados.

La cartilla explicativa contiene una lista de comprobación y trata aspectos específicos del alistamiento en puerto, instalación de equipos de medición, criterios para selección del área de pruebas, procedimiento y criterio de evaluación para cada una de las pruebas a ejecutar.

3. Sistema de adquisición de datos

Las mediciones de las variables, durante las pruebas de mar, se realizan en forma distribuida empleando sensores de diferentes tipos, integrando de forma centralizada y sincronizada mediante un PC y tarjetas de adquisición y digitalización de datos (Fieldpoint). Los datos obtenidos a partir del sistema de adquisición, fueron muestreados de acuerdo a las recomendaciones de ITTC (0.5–2 muestras por segundo), estos son almacenados en el computador para realzar post procesamiento y obtener información acerca de las características de maniobrabilidad del buque a través de la cuantificación de los parámetros de evaluación, en la tabla 6 se especifican los parámetros que deben medirse en cada maniobra según OMI e ITTC, en la tabla 7 se especifica la instrumentación recomendada por ITTC [5] y SC [6].

Tabla 6 Parámetros medidos durante pruebas de mar

TYPE OF TEST		Heading	Position	Speed	Rudder angle	RPM	Rate of turn
1	Turning test	√	√	√	√	√	√
2	Z-maneuver test	√	√	√	√	√	-
3	Stopping Test (Crash stop asterm test)	√	√	√	-	√	-

Fuente: Final report and recommendations to the 22nd ITTC

La instrumentación usada para conducir pruebas de mar en COTECMAR (ver tabla 8), seleccionada según las recomendaciones de tales organizaciones, es capaz de proveer un historial de tiempo de las medidas durante la ejecución de las maniobras.

Tabla 7 Instrumentación recomendada por ITTC

Heading	**Position**	**Speed**	**Rudder angle**	**RPM**	**Rate of turn**	**Torque**
Girocompás	GPS	GPS	Potenciómetro angular	Sensor óptico	Cambio de rumbo por segundo	Galgas Extensiométricas

Tabla 8 Equipos utilizados en pruebas de mar

Parámetro	**Unidad**	**Equipo de medida**	**Rango**	**Exactitud**
Heading	grados	giróscopo 3d	0-360°,-180-+180°	<1,0°
Position	grados/min/s	GPS	-	<10m
Speed	knots	GPS	0-9kn	0,05m/s
Rudder angle	grados	potenciómetro lineal	0-360°	0,05Ω
Velocidad angular	RPM	sensor óptico	1-250000RPM	-
Rate of turn	grados/s	giróscopo 3d	±300°/s	-
Wind speed	knots	anemómetro	0-86,9kn	±0,87kn
Wind direction	grados	veleta	0-360°	-

Los datos correspondientes a tiempo, rumbo, posición, velocidad y rata del giro son recolectados en un PC generalmente instalado en el puente de gobierno; mientras RPM, torque, dirección y velocidad de viento se recolectan en el cuarto de máquinas usando una tarjeta de adquisición de datos (Field point de National Instruments) que se comunica con el PC inalámbrica o cableadamente utilizando un modulo de red Ethernet. Los sensores, interfaces y fuentes de alimentación que se instalan en el cuarto de máquinas se integran en un equipo portátil que permite realizar las conexiones de los equipos requeridos para cada prueba. Los datos adquiridos en el cuarto de máquinas y los proporcionados por el GPS son recolectados usando una aplicación desarrollada en LabVIEW.

La ilustración 5 muestra la disposición de la instrumentación utilizada en las pruebas de mar en la PAF-P.

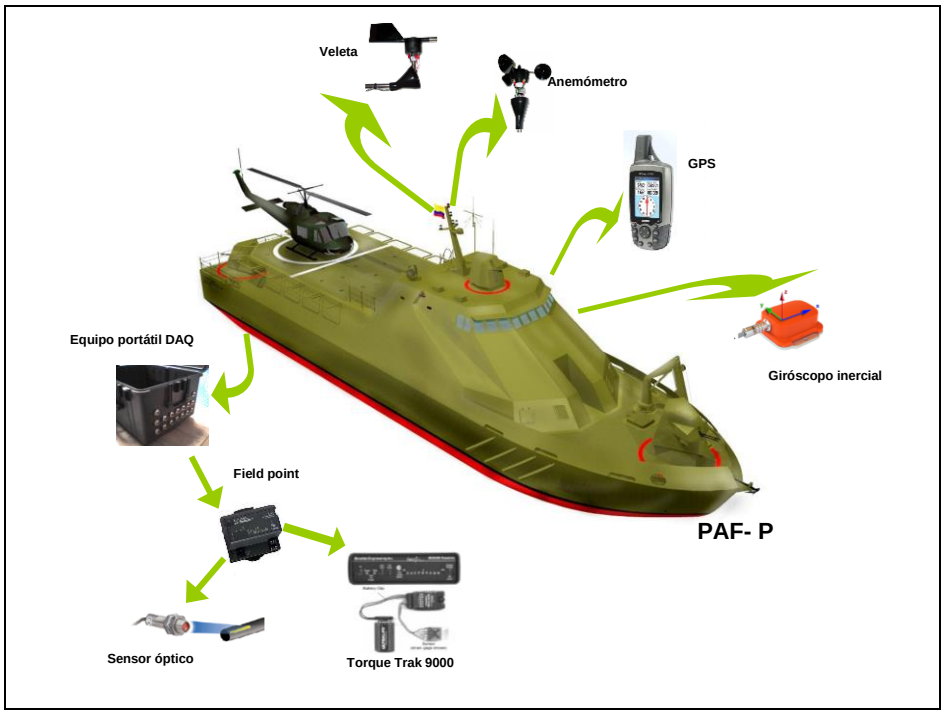


Ilustración 5 Disposición de la instrumentación en el buque PAF

4. Pruebas de mar a escala real conducías en la ARC STCIM Edic Cristian Reyes Holguin

Las ilustraciones de los resultados corresponden al traqueo de las maniobras durante pruebas y al post procesamiento realizado en los datos utilizando Excel y Matlab (MATrix LABoratory, Software matemático). Las gráficas tomadas durante pruebas fueron suministradas por el Área de Hidrografía del CIOH (Centro de Investigaciones Oceanográficas e hidrográficas) procesadas usando el software hidrográfico HYPACK[4].

A continuación se presentan los resultados de las pruebas de círculo evolutivo, comparando las maniobras ejecutadas a 10º de timón y 9 nudos de velocidad en aguas relativamente profundas y someras; la ilustración 7 presenta una de las maniobras de círculo evolutivo ejecutadas en aguas someras a 9 nudos de velocidad y 10º de ángulo de timón.

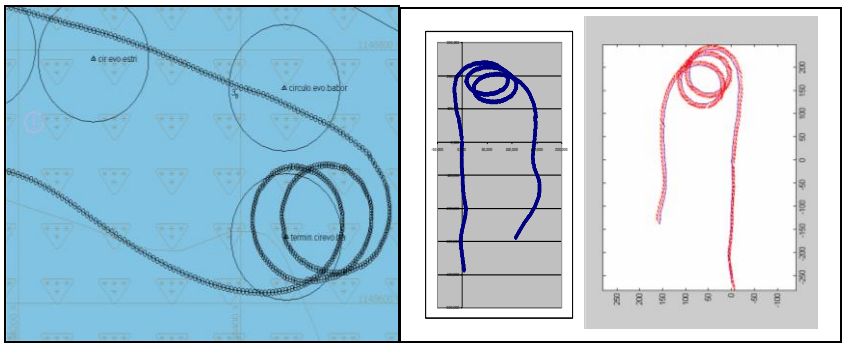


Ilustración 7 Círculo evolutivo en aguas someras, 10° de timón a 9 nudos de velocidad.

[4] HYPACK Software hidrográfico, integra todas las herramientas necesarias para cada una de las etapas de trabajo: HYPACK MAX (ecosondas monofrecuencia). HYSWEEP (ecosondas multihaz). DREDGEPACK (dragado). Planificación y Diseño del Trabajo. Adquisición de datos (levantamiento). Edición de datos. Producto Final (volúmenes y ploteado).

Tabla 9.Comparación de resultados de círculos evolutivos

Círculo evolutivo	Círculo evolutivo en aguas someras	Círculo evolutivo en aguas profundas
Avance	1.59 esloras	1,38 esloras
Diámetro táctico	2,8 esloras	2,1 esloras
Tiempo en que el rumbo cambia 90°	34 segundos	30 segundos
Tiempo en que el rumbo cambia 180°	68 segundos	45 segundos
Velocidad	9 nudos	9 nudos
Ángulo de timón	10º	10º

Las maniobras de zig-zag se realizaron a 20º-20º entre 6 y 9 Nudos aproximadamente a estribor y babor.

La ilustración 8 muestra una de las maniobras de zig-zag 20º/20º a 6 nudos de velocidad mientras que la tabla 10 muestra los resultados para una maniobra de zig-zag 20º/20º a 7,9 nudos de velocidad en aguas profundas.

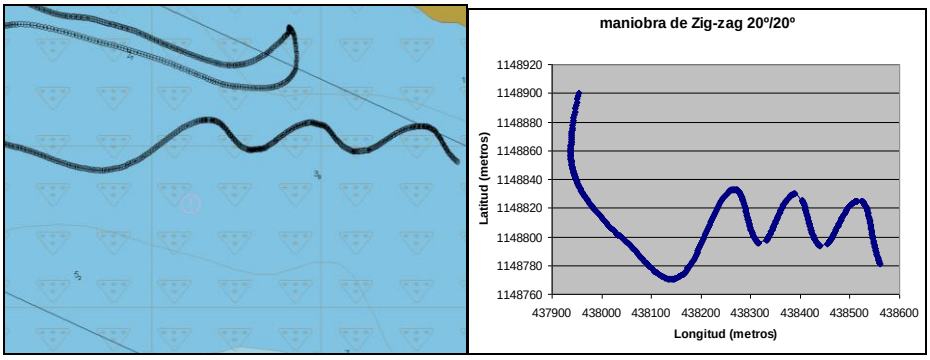


Ilustración 8 Zig-zag por el costado de babor a 6 nudos.

Tabla 80. Resultado de maniobra de zig-zag 20º/20º en aguas relativamente profundas

MANIOBRA		Primera maniobra de Zig-zag 20º/20º		
Top	**Descripción**	**Tiempo (s)**	**Yaw rate (º/min)**	**Rumbo (grados)**
1	Inicio de maniobra	0	23,7	150
2	sobrepaso	1,4	133	130
a	detenida	35,1	0	45
3	sobrepaso	75	249	170
b	detenida	97	0	185
4	sobrepaso	118	247	130
Velocidad de aproximación			7,9 nudos	
RPM			1447	
Rumbo inicial (grados)			150º	

Conclusiones

1. Se ha desarrollado una herramienta de pruebas de mar que incorpora los sensores necesarios para monitorear en buques a escala real los parámetros necesarios para evaluar las características de maniobrabilidad.

2. Se ha desarrollado, aplicado y apropiado una metodología para la conducción y análisis de pruebas de mar siguiendo estándares de OMI, ITTC y SNAME.

3. Se ha aplicado técnicas de diseño de experimentos para racionalizar los recursos para la validación de las características de maniobrabilidad de buques a escala real.

4. La herramienta tecnológica desarrollada permite optimizar la inversión de recursos frente a los resultados obtenidos tanto en horas hombre para la conducción y el acompañamiento durante pruebas de mar como en número y confiabilidad de los datos obtenidos.

Bibliografía

[1].IMO Resolution A.751 (18), 1993 "Interim standards for ship maneuverability"

[2].IMO MSC/Circ.1053, 1993 "Explanatory notes to the standards for ship maneuverability"

[3].IMO MSC. 137(76), 2002 "Standard for Ship Maneuverability. Resolution".

[4].SNAME N° 3-47 "Guide for sea trials. Technical and research bulletin".

[5].ITTC. Recommended Procedures. Full Scale Measurements Maneuverability, Full scale Maneuvering Trials Procedure. 2002.

[6].ITTC. The special committee on trials and monitoring. Final report and recommendations to the 22nd.2005.

[7].CARREÑO, Jorge. Proyecto de Tesis Doctoral. 2006. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales.

[8].MONTGOMERY, D. C. 2004. Diseño y análisis de experimentos, Segunda Edición, Limusa Wiley, México.

[9].MOHAMEND F. Islam, L. M. Lye. Combined use of dimensional analysis and modern experimental design methodologies in hydrodynamics experiments. Ocean Engineering 36 (2009) 237 - 247

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO EN BUQUES, BASADO EN LA NORMA IEC 61363-1

Gabriela G. Salas Berrocal – CC Víctor Jiménez González
COTECMAR, Departamento de Electricidad y Electrónica – DIDESI –
Vía Mamonal Km 9
Cartagena (Bol.)
Colombia
Tel: (057) 5 668 53 77
e-mail: gsalas@cotecmar.com

RESUMEN

Sistemas eléctricos diseñados de forma adecuada eventualmente pueden experimentar cortocircuitos, presentándose corrientes extremadamente altas que provocan efectos destructivos sobre sus componentes. En el caso de las instalaciones eléctricas en buques, la confiabilidad y la seguridad son aspectos fundamentales para garantizar la protección de la vida en el mar, a través del buen funcionamiento de las mismas. Por esta razón, es importante realizar una correcta especificación de los componentes del sistema eléctrico, con el fin de que estén en capacidad de soportar las condiciones de temperatura y de esfuerzos mecánicos a las que quedan sometidos después de una falla. La información necesaria para realizar esta especificación proviene del Estudio de Cortocircuito.

Este trabajo presenta una metodología para la realización del cálculo de cortocircuito en buques, basada en la norma de la Comisión Electrotécnica Internacional IEC 61363-1 y desarrollada considerando las diferencias existentes entre las instalaciones eléctricas abordo y las terrestres**.** Esta metodología fue aplicada para encontrar los niveles de cortocircuito en las barras del tablero principal y de los tableros de distribución secundarios de la Fragata clase "ARC Almirante Padilla" de la Armada Nacional de Colombia, mediante el uso del software DocWin 3,0. Con los resultados obtenidos fueron determinadas las capacidades de corte y cierre mínimas para los dispositivos de interrupción seleccionados en el marco del proceso de modernización de citadas Fragatas.

1. INTRODUCCIÓN

El Cortocircuito es un estado de operación indeseado en cualquier sistema de potencia, durante el cual ocurren una serie de fenómenos transitorios electromagnéticos y electromecánicos de gran magnitud, cuyos efectos ponen en riesgo no sólo la seguridad, confiabilidad y estabilidad del sistema, sino también la vida de las personas que puedan estar expuestos a ellos. Consiste en el contacto accidental o intencional, de resistencia o impedancia relativamente baja, entre dos o más puntos a diferentes potenciales de un circuito.[1] Como resultado de este contacto surgen corrientes muy elevadas (muchas veces mayores a las corrientes de carga), que circulan directamente hacia el punto de la falla.

Durante una falla los elementos que aportan a la corriente de cortocircuito son llamados *Componentes Activos* y son las máquinas eléctricas rotativas del sistema[2]: Generadores síncronos, motores síncronos y condensadores, motores de inducción y motores DC de velocidad regulable con fuente de potencia AC de estado sólido.

La respuesta del generador síncrono ante un cortocircuito, cerca o en sus terminales, es similar a la producida al aplicar una tensión AC a un circuito RL. Se distinguen dos componentes transitorias, mostradas en la figura 1 que sumadas constituyen la *corriente asimétrica total:* Una componente de frecuencia fundamental o *componente AC* y una componente unidireccional (DC), que decae exponencialmente durante varios ciclos.

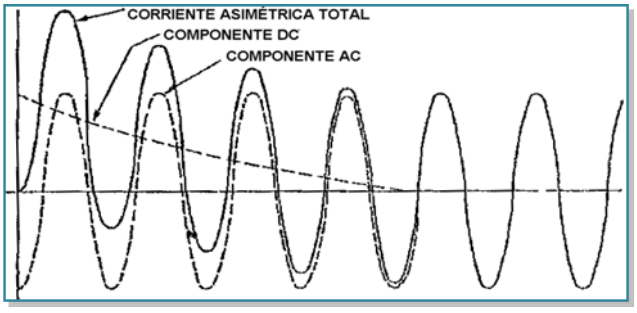


Figura 1. Componentes de la corriente de cortocircuito en la máquina síncrona

Fuente: Estudio para la reducción de la frecuencia de interrupción en el sistema eléctrico del edificio "Petróleos de Venezuela"

[1] Definición tomada del Vocabulario Electrotécnico Internacional: VEI 151-03-41.
[2] Los capacitores de potencia al descargarse también pueden producir corrientes transitorias de cortocircuito extremadamente altas, pero son de una frecuencia natural muchísimo más alta que la frecuencia industrial y usualmente de una duración muy corta.

Existen diversos métodos utilizados para el cálculo de las corrientes de cortocircuito en una instalación, entre los que tenemos: Reducción de mallas, superposición y *componentes simétricas*.

El método de componentes simétricas es una gran herramienta para la solución de sistemas no balanceados, sin embargo, presenta limitaciones para el análisis variante en el tiempo, necesario para evaluar el comportamiento de la corriente de cortocircuito en sistemas donde la respuesta de los generadores es predominante (como los sistemas eléctricos en buques). Esto quiere decir que el método de componentes simétricas no es la herramienta más adecuada para calcular las corrientes de cortocircuito en los sistemas eléctricos de los buques. Se hace necesario contar con expresiones dependientes del tiempo que permitan representar la respuesta de los generadores en el momento de una falla. Este es el escenario planteado en la norma IEC 61363-1, tal como será tratado más adelante.

2. BUQUES: ¿QUÉ HACE QUE SUS SISTEMAS ELÉCTRICOS SEAN DIFERENTES?

Para todo buque, el diseño de las instalaciones eléctricas se enfoca principalmente hacia el concepto de seguridad, lo que determina algunos rasgos comunes como son: Continuidad del servicio, redundancia de las fuentes de alimentación y robustez de los equipos.[3]

Con el fin de conseguir la continuidad en el servicio, condición que implica que no se presente interrupción alguna en el suministro durante fallas de los equipos de potencia, los sistemas eléctricos de abordo **son no aterrizados o no referenciados**, es decir, en este tipo de sistemas no existe conexión intencional entre el neutro, o cualquiera de las fases, y tierra[4] (casco del buque). A pesar de esto, existen acoples capacitivos entre las estructuras metálicas y los conductores energizados que se extienden de forma paralela a ellas.

Idealmente, los sistemas no aterrizados no proveen un camino de retorno para la corriente en caso de presentarse una falla a tierra, por lo que pueden seguir operando bajo dicha condición, mientras que el sitio de la falla actúa sólo como un punto de referenciamiento (Ver figura 2).

[3] Jiménez, Víctor Hugo. Introducción a los sistemas eléctricos en buques.
[4] Exceptuando las conexiones de los dispositivos medidores de potencial u otros equipos de muy alta impedancia.

Dado que los sistemas eléctricos en buques no pueden considerarse ideales, en condiciones de falla monofásica a tierra fluye una pequeña corriente, generalmente de unos pocos amperios, pero no suficiente para producir un disparo de las protecciones, por lo que el suministro de energía no es interrumpido. Sin embargo, si la falla no es despejada o es intermitente, pueden presentarse graves sobretensiones entre los conductores de fase y la tierra, ocasionadas por el efecto capacitivo ya mencionado.

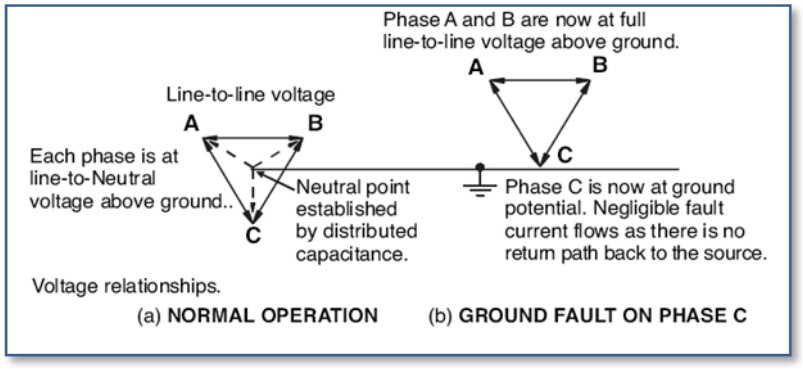


Figura 2. Relaciones de Tensión para sistemas no aterrizados

Fuente: *Ground Fault Protection. Ungrounded Systems to High Resistance Grounding.*

Cuando un buque está navegando, su sistema de potencia está totalmente aislado de cualquier otra fuente de energía, por lo que es conveniente que exista redundancia de las fuentes de alimentación. De acuerdo con el estándar IEEE 45-1998: "*Para buques, el número y capacidad de generadores principales debe ser suficiente para permitir un generador de respaldo (un set fuera de operación) todo el tiempo para servicios esenciales y cargas de habitabilidad"* [5]. Por otra parte, la OMI (Organización Marítima Internacional) recomienda en el documento SOLAS (Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar), edición refundida de 2001 Parte D, "Instalaciones eléctricas" lo siguiente: "*La fuente de energía eléctrica principal estará compuesta al menos por dos generadores"* y *"la capacidad de los grupos electrógenos será tal que aunque uno cualquiera de ellos se pare sea posible alimentar los servicios necesarios para lograr condiciones operacionales normales de propulsión y seguridad".*

Asimismo, las instalaciones eléctricas en buques y en general, en cualquier unidad a flote, deben enfrentar duras condiciones ambientales: Mar en continuo movimiento, altos grados de

[5] Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Recommended Practice for Electrical Installations on Shipboard. IEEE Std 45-1998.

salinidad, climas cambiantes, denso entorno electromagnético a causa de la operación de radares, radios, teléfonos satelitales, entre otros… Por esto, los equipos de aplicación marina son robustos, diseñados para soportar todas estas condiciones sin sufrir fallas que puedan poner en peligro la continuidad del servicio.

Los sistemas de potencia en buques se diseñan haciendo un balance entre la capacidad de expansión, la disponibilidad de espacio y el desempeño deseado. Esto les da características especiales que los distinguen de los sistemas de potencia tradicionales. Las más notables son:

- *Muy poca inercia rotacional del sistema en relación con las cargas*: Por las restricciones de espacio, la capacidad de generación en los buques es limitada, a diferencia de los sistemas terrestres en los que se tiene un gran número de generadores con gran inercia rotacional.

- *La rapidez de los controles mantiene la frecuencia del sistema*: La cercanía, tanto física como eléctrica, de los componentes del sistema implica que la información de control pasa muy rápido entre las partes. En general, los primotores de los sistemas de generación en buques son típicamente más rápidos que los presentes en sistemas de generación "terrestres", en lo que se refiere a tiempos dinámicos de interés.

- *La longitud del cableado está limitada por el tamaño del buque*, por lo que el comportamiento de las líneas de transmisión no juega un papel tan significativo como lo hace en los sistemas terrestres.

Estas características traen implicaciones como las siguientes:

- *Los modelos eléctricos utilizados* para los sistemas de potencia típicos usualmente no son apropiados para analizar la dinámica de los sistemas de potencia a bordo de buques. Se necesitan modelos de orden superior tanto para los generadores como para las cargas.

- *Algunos de los conceptos aplicados* a los sistemas convencionales no pueden ser transferidos a los sistemas de potencia navales. Por ejemplo, no es posible hablar de *barrajes infinitos* o de barras de referencia (*slack)*. Usualmente, no son válidas las consideraciones de *tensión constante, frecuencia constante* y *potencia constante.*
- *Los sistemas de potencia en buques* están fuertemente acoplados tanto eléctrica como mecánicamente.

↯ *Las fallas* deben ser modeladas de forma consistente con las características de los sistemas eléctricos navales.

3. UNA NORMA QUE CONSIDERA LAS DIFERENCIAS: IEC 61363-1

En 1998 fue emitido el estándar IEC 61363-1 (única edición hasta el momento), que aborda detalladamente el tema del cálculo de cortocircuito en buques. Reemplazó al estándar IEC 60363 de 1972. La IEC 61363-1 respondió a la necesidad de tener un estándar que considerara los efectos que tienen las características particulares de los sistemas de potencia de abordo sobre la corriente de cortocircuito. El esquema de la figura 3 muestra los aspectos más importantes que fueron tomados en cuenta en el enfoque de esta norma.

La intención del estándar es calcular el mínimo valor de la corriente de cortocircuito máxima prevista, que puede ser utilizado con confianza para la selección de los interruptores y dispositivos de protección. Dado que los buques son, en cuanto a sus sistemas de potencia, plantas generadoras aisladas y debido a la cercanía de los componentes eléctricos, la respuesta de los generadores durante el cortocircuito predomina sobre el comportamiento que exhibe el resto del sistema. Por ello, la norma se desarrolla a partir de una expresión matemática para los generadores, que permite evaluar la *envolvente superior* (Ver curva naranja de la figura 4) de la corriente de cortocircuito, en varios instantes de tiempo, con el fin de obtener los valores aproximados que tendrían que manejar los dispositivos de maniobra y protección en el momento de su apertura.

En el caso de los motores, al considerar el decaimiento en la corriente de cortocircuito, en lugar de considerar una contribución fija de cuatro o seis veces su corriente nominal (como suele hacerse en los sistemas industriales), se consigue una reducción considerable en la corriente calculada para el instante en el que abren los dispositivos de interrupción.

3.1 Modelos matemáticos para los componentes del sistema eléctrico. El estándar desarrolla fórmulas *dependientes del tiempo*, que permiten calcular la corriente de cortocircuito entregada por los componentes activos del sistema e indica que tanto pueden ser simplificadas a la hora de calcular la falla en puntos diferentes del tablero principal de distribución.

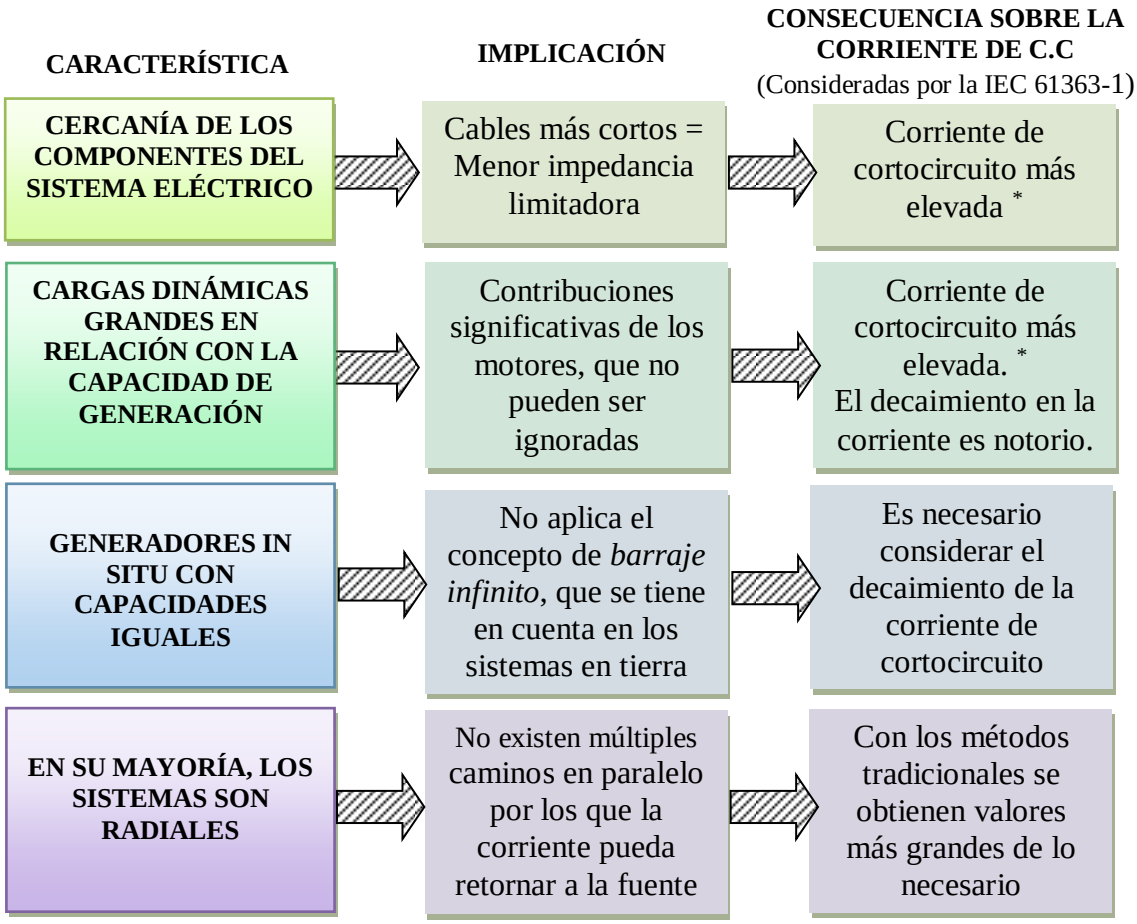


Figura 3. Características de los sistemas de potencia en buques consideradas por la IEC 61363-1.
Fuente: Diseño propio

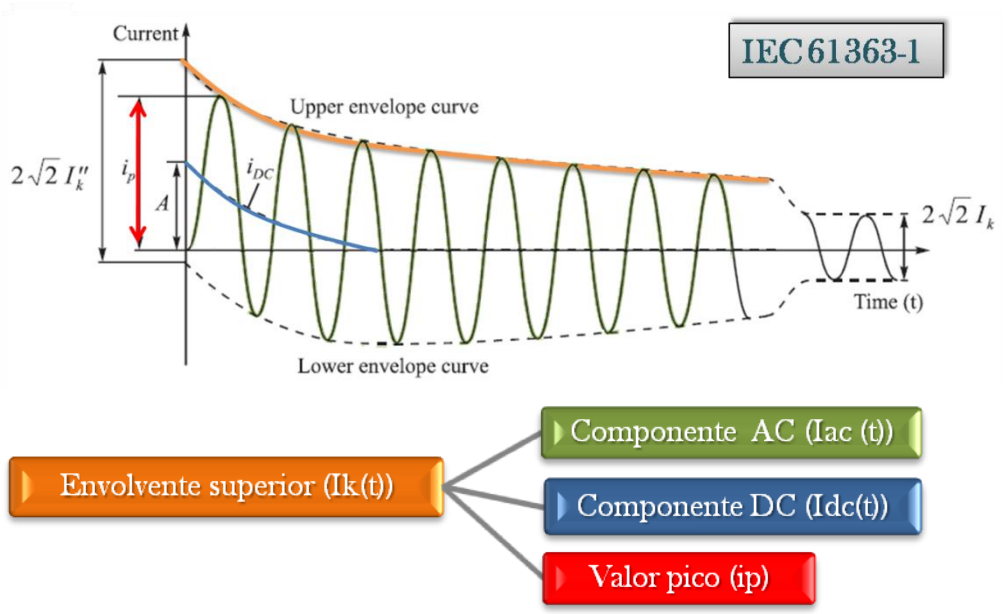


Figura 4. Modelo de la IEC 61363-1 para la corriente de cortocircuito
Fuente: IEC 6163-1

En el caso de las máquinas sincrónicas, la expresión para el cálculo de la corriente de cortocircuito es separada en tres funciones dependientes del tiempo, que en conjunto representan a la envolvente superior de dicha corriente. Las ecuaciones 1, 2 y 3 son las expresiones matemáticas para la componente AC $I_{ac}(t)$, la componente DC $I_{dc}(t)$ y el valor pico i_p de dicha envolvente:

$$I_{ac}(t) = (I''_{kd} - I'_{kd})e^{-\frac{t}{T''_d}} + (I'_{kd} - I_{kd})e^{-\frac{t}{T'_d}} + I_{kd} \quad \textbf{Ec. 1}$$

$$i_{dc}(t) = \sqrt{2}(I''_{kd} - I_0 Sen\varphi_0)e^{-\frac{t}{T_{dc}}} \quad \textbf{Ec. 2}$$

$$i_p = \sqrt{2}I_{ac}(t) + i_{dc}(t) \quad \textbf{Ec. 3}$$

Donde:

I''_{kd}: Corriente de cortocircuito subtransitoria inicial (R.M.S)
I'_{kd} : Corriente de cortocircuito transitoria inicial (R.M.S)
I_{kd} : Corriente de cortocircuito de estado estable
T''_d : Constante de tiempo subtransitoria
T''_d : Constante de tiempo transitoria
I_0 : Corriente de prefalla
φ_0 : Ángulo de fase de la corriente de prefalla
T_{dc}: Constante de tiempo DC

4. METODOLOGÍA PARA LA EJECUCIÓN DEL CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO EN BUQUES: CASO DE ESTUDIO FRAGATA "ARC INDEPENDIENTE"

Actualmente, la Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial (COTECMAR), además de realizar el diseño, construcción, mantenimiento y reparación de buques y artefactos navales en diferentes mercados, se encuentra ejecutando el proceso de modernización de las cuatro Fragatas Ligeras tipo FS-1500, Clase "ARC Almirante Padilla" de la Armada Nacional de Colombia, construidas en los astilleros *Howaldtswerke-Deutsche Werft* de Kiel, Alemania, a comienzos de la década de 1980.

La modernización de estas unidades incluye, entre otros aspectos, la renovación de sus sistemas eléctricos, por lo que en la etapa inicial fue necesario adquirir la mayor cantidad y calidad de información acerca de las características y comportamiento de los mismos, recurriendo a los estudios de ingeniería como el *cálculo de cortocircuito.* Por esta razón, fue desarrollada una metodología, basada en la norma IEC 61363-1, para encontrar los niveles de

cortocircuito en las Fragatas anteriormente citadas[6] y para ser aplicada en los diseños futuros de COTECMAR.



Figura 5. Fragata clase "ARC Almirante Padilla" – ARC Independiente

Fuente: Armada Nacional de Colombia

Las Fragatas disponen de una planta principal de generación y una de emergencia. La planta principal se compone de cuatro grupos electrógenos, cuyas características son mostradas en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros eléctricos de los nuevos generadores principales

PARÁMETRO	VALOR
Potencia Nominal (S)	530 KVA
Tensión Nominal (V)	440 V
Frecuencia Nominal (f)	60 Hz
Factor de Potencia (Cos ϕ)	0.8
Reactancia subtransitoria en eje directo (X''_d)	11,7 %
Reactancia subtransitoria en eje de cuadratura (X''_q)	9,8%
Reactancia transitoria en eje directo (X'_d)	14,5%
Reactancia sincrónica en eje directo (X_d)	314%
Reactancia sincrónica en eje de cuadratura (X_q)	189%
Constante de tiempo subtransitoria en eje directo (T''_d)	10 ms
Constante de tiempo transitoria en eje directo (T'_d)	100 ms
Constante de tiempo DC (T_{dc})	15 ms

El sistema de emergencia es alimentado por un grupo electrógeno de 192 KVA, conectado a las barras colectoras a través de un interruptor ubicado en el panel de generador del tablero de distribución de emergencia. Sus características son mostradas en la Tabla 2.

[6] Dado que los sistemas eléctricos de los cuatro buques son prácticamente iguales, fue tomada como caso de estudio la Fragata "ARC Independiente".

Tabla 2. Parámetros eléctricos del generador de emergencia

PARÁMETRO	VALOR
Potencia Nominal (S)	192 KVA
Tensión Nominal (V)	440 V
Frecuencia Nominal (f)	60 Hz
Factor de Potencia (Cos ϕ)	0.8
Resistencia de armadura (R_a)	0,024 Ω/fase
Reactancia subtransitoria en eje directo (X''_d)	13 %
Reactancia subtransitoria en eje de cuadratura (X''_q)	19%
Reactancia transitoria en eje directo (X'_d)	20%
Reactancia sincrónica en eje directo (X_d)	237%
Reactancia sincrónica en eje de cuadratura (X_q)	143%
Constante de tiempo subtransitoria en eje directo (T''_d)	11 ms
Constante de tiempo transitoria en eje directo (T'_d)	35 ms
Constante de tiempo DC (T_{dc})	9 ms

La alimentación desde tierra es proporcionada a través de una toma trifásica de 600 A. La conexión de la toma de tierra se realiza en un panel del tablero de distribución de emergencia y mediante la interconexión existente entre éste y el tablero principal, puede suministrarse potencia a las cargas del sistema principal.

El sistema de distribución del buque es básicamente *radial*, con el punto neutro sin aterrizar, y se realiza en los siguientes niveles de tensión: **440 V– 60 Hz –3ϕ** (alimentación de tensión principal y sistemas de armamento), **220 V– 60 Hz –3ϕ** (enfermería), 115V– 60 Hz –3ϕ (Sistema de iluminación principal y de emergencia, sistemas de radio y comunicaciones), **115V–400 Hz– 3ϕ** (Sistemas de radio, navegación y armamento), **24 $_{VDC}$** (indicadores, sistema de arranque del primotor de cada uno de los generadores, algunos sistemas de órdenes y señales), **110 V/60 Hz** (Sistema de control de contactores y relés) y **24 V/ 60 Hz** (luces piloto).

El buque está equipado con transformadores tipo seco, conexión DD (Delta-Delta), a través de los cuales se obtienen los niveles de tensión especificados anteriormente. En la Tabla 3 son mostradas las características de cortocircuito de los transformadores a bordo de las Fragatas.

Teniendo en cuenta la información del sistema eléctrico de la Fragata “ARC Independiente” y tomando como referencia la norma IEC 61363-1, fue desarrollada una metodología para el cálculo de cortocircuito en buques, que considera los aspectos necesarios para la ejecución del cálculo de corrientes de cortocircuito y para la revisión de los resultados. En la Tabla 4 se encuentra esquematizada la metodología propuesta.

Tabla 3. Resistencias y reactancias calculadas para los transformadores

ID	ESPECIFICACIÓN	S (KVA)	U_{rR} (%)	U_{rK} (%)	R_T (Ω)	X_T (Ω)
1TF	3ø,60 Hz, 440/115V	6	3,8	4	0,083758	0,02753
2TF	3ø,60 Hz, 440/115V	6	3,8	4	0,083758	0,02753
3TF	3ø,60 Hz, 440/115V	6	3,8	4	0,083758	0,02753
4TF	3ø,60 Hz, 440/220V	3	3,8	4	0,167516	0,05506
5TF	3ø,60 Hz, 440/115V	6	3,8	4	0,083758	0,02753
6TF	3ø,60 Hz, 440/115V	30	3,8	4	0,016751	0,00550
7TF	3ø,60 Hz, 440/115V	30	3,8	4	0,016751	0,00550
8TF	3ø,60 Hz, 440/115V	6	3,8	4	0,083758	0,02753
9TF	3ø,60 Hz, 440/115V	6	3,8	4	0,083758	0,02753
10TF	3ø,60 Hz, 440/115V	6	3,8	4	0,083758	0,02753
11TF	3ø,60 Hz, 440/115V	6	3,8	4	0,083758	0,02753

5. IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA PARA LA REALIZACIÓN DEL CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO EN LA FRAGATA "ARC INDEPENDIENTE"

En la segunda columna de la Tabla 4 se encuentran los principales aspectos tenidos en cuenta en la realización del cálculo de cortocircuito en la Fragata "ARC Independiente", siguiendo la metodología propuesta.

Después de haber definido el objetivo y el propósito del estudio y de haber seleccionado los puntos de la instalación para la realización del cálculo, fue determinada la condición de operación en la que se presentaría la mayor corriente de cortocircuito en el sistema. Se seleccionó como condición de operación base para el estudio "*buque listo para la acción"*.

A continuación, fueron determinados los parámetros de cortocircuito para los *componentes activos*: Generadores principales, generador de emergencia y motores; y para los *componentes pasivos:* Cables y transformadores.

El diagrama unifilar de la fragata ARC Independiente fue preparado en el software *DocWin 3.0* (Ver figura 6) y a través del comando *configuración de la red* fue posible simular la condición de operación elegida para la realización del cálculo de cortocircuito. Esta información fue obtenida a partir del balance de cargas del buque

Tabla 4. Cuadro resumen – Metodología vs. Implementación en la Fragata "ARC Independiente"

ETAPA METODOLOGÍA	ACTIVIDADES A REALIZAR	IMPLEMENTACIÓN "ARC INDEPENDIENTE"
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	Determinar *objetivo* y *propósito del estudio:* Propósitos contemplados por la norma: Especificación de **capacidades de corte y de cierre de los dispositivos de interrupción y coordinación de protecciones**.	✓ *Objetivo*: Estimar la corriente de cortocircuito en el tablero principal y en los tableros de distribución secundarios. ✓ *Propósito*: Determinar las capacidades de cortocircuito (corte y cierre) de los interruptores instalados durante el proceso de modernización del sistema eléctrico.
	Realizar breve descripción de condiciones particulares.	✓ Reemplazo de los generadores originales. ✓ Reemplazo de los interruptores de desconexión de fusibles por interruptores automáticos.
	Especificar si el proyecto es una Nueva Construcción o una modernización.	Modernización
	Indicar puntos del sistema para ejecución del cálculo[7]:	Cálculo ejecutado en los siguientes puntos:
	✓ Generador ✓ Barrajes principales ✓ Barrajes de emergencia ✓ Paneles Distr. principales	✓ Generador ✓ Barrajes principales ✓ Barrajes de emergencia ✓ Paneles Distr. principales
SELECCIÓN DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN *De acuerdo con el propósito establecido en la fase anterior, son escogidas las condiciones de operación para las cuales debe ser realizado el cálc. de cortocircuito, de la siguiente forma:*	✓ **Especificación de la capacidad de corte y de cierre de los interruptores**: Considerar las condiciones de operación de mayor consumo, seleccionadas con ayuda del balance de cargas del buque.	Debe ser considerada la condición de operación de mayor consumo: Buque listo para la acción. (1500 KVA)
	✓ **Selección de los valores de ajuste de los dispositivos de protección:** a) Para coordinación de protecciones: Condición de operación de menor consumo[8] (menor valor disponible de la corriente de cortocircuito). b) Ajustes instantáneos de los interruptores automáticos: Aplica información para especificación de capacidad de corte y de cierre.	

[7] Siguiendo las recomendaciones del estándar 2008 de la casa clasificadora Germanischer Lloyd (GL).
[8] Según el artículo 5.9.2 del estándar IEEE 45-2002, la corriente de cortocircuito mínima se obtiene al evaluar el sistema con el número mínimo de generadores y sin la carga de los motores.

PREPARACIÓN DE DIAGRAMAS UNIFILARES	Diagrama unifilar para cada condición de operación considerada, mostrando elementos activos y no activos.	El diagrama unifilar de la fragata ARC Independiente fue preparado en el software *DocWin 3.0.*
	Utilizar datos provistos por tablas de impedancia para generadores, cables y motores, valores típicos o pueden suposiciones de las secciones 5.2.3, 6.3.3 o 6.3.4 de la norma IEC 61363-1, aclarando cuáles de los parámetros son propios de los equipos y cuales son supuestos.	Fueron utilizados datos de fabricante para los generadores (Ver tablas 2 y 3). En el caso de los motores y de los cables fueron utilizadas impedancias típicas
EJECUCIÓN DEL CÁLCULO DEPENDIENTE DEL TIEMPO	Herramienta principal: Software de análisis de sistemas de potencia con módulo de la norma IEC 61363-1.	Software utilizado: DocWin 3.0 de ABB.
	✓ Valores recomendados para instalaciones de baja tensión: t=8,33 ms y t=16,67 ms. ✓ Para instalaciones de alta tensión: t=50ms (3 ciclos) y t=500 ms (30 ciclos) o cualquier valor más allá de los 6 ciclos.	✓ El cálculo fue ejecutado para los instantes *t= 8m;, 16,67ms; 50 ms y 100 ms.*
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	Después de que el software entrega los resultados, éstos deben ser tabulados en el formato destinado para tal fin.	Los resultados fueron consignados en el formato. (Ver tabla 6)
INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	De acuerdo con los criterios establecido en la sección 9 de la norma IEC 61363-1 y resumidos en la Tabla	Los resultados fueron interpretados conforme a lo establecido en la norma. (Ver tabla 5)

Tabla 5. Criterios para análisis de resultados según la IEC 61363-1

	SISTEMAS CON $V_{NOMINAL} \leq$ 1KV	**SISTEMAS CON $V_{NOMINAL} >$ 1KV**
Capacidad nominal de cierre en cortocircuito (I_{cm})	$I_{cm} > i_p$, garantizada a una tensión de operación no inferior a la tensión nominal del sistema.	$I_{cm} > i_p$, garantizada a una tensión de operación no inferior a la tensión nominal del sistema.
Capacidad nominal de corte en cortocircuito (I_{cu})	$I_{cm} > I_{ac}(t)$, garantizada a una tensión de operación no inferior a la tensión nominal del sistema.	$I_{cm} > I_{ac}(t)$, para *t* entre 10 y 80 ms. Garantizada a una tensión de operación no inferior a la tensión nominal del sistema.
Máximo valor aceptable de la componente DC	No es relevante.	El valor calculado a la apertura del interruptor no debe ser mayor al máx. valor aceptable por el fabricante.

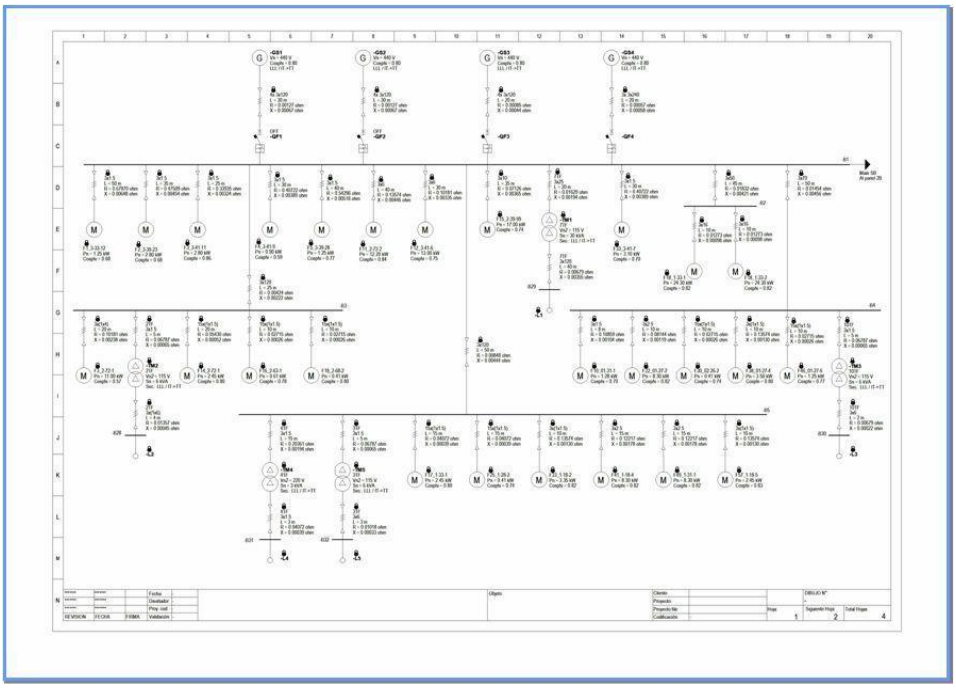


Figura 6. Creación del diagrama unifilar del "ARC Independiente" en DocWin 3.0

En la simulación realizada se encontraron los valores de las funciones Iac(t), Idc(t) e Ik(t) para los instantes ms, t=16,67 ms, t=50 ms y t=100 ms, en las barras del tablero principal y de los tableros de distribución secundarios del buque. En la Tabla 6 son mostrados los resultados obtenidos para el barraje principal y uno de los paneles de distribución de 440 Vac.

5.1 INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con ayuda de un catálogo de interruptores termomagnéticos, con valores normalizados de acuerdo con el estándar IEC 60947-2 (Low-voltage switchgear and controlgear - Part 2: Circuit- breakers) y siguiendo los criterios mostrados en la Tabla 5, fueron determinadas las características de cortocircuito I_{cm} e I_{cu} de los nuevos interruptores termomagnéticos con destino al Tablero Principal.

6. CONCLUSIONES

- Los modelos matemáticos y métodos utilizados para encontrar las corrientes de cortocircuito en un sistema de potencia convencional no son adecuados para los sistemas de potencia a bordo de buques. La cercanía, tanto física como eléctrica, de los componentes de estos sistemas eléctricos, ocasiona que las expresiones de cálculo que desconocen el decremento en la corriente de cortocircuito, proporcionen resultados que conllevan al sobredimensionamiento de los dispositivos de maniobra y protección. Por esta razón , el

Tabla 6. Resultados Tablero Principal (1S)

Barra: -B1 (Barraje principal 1S)			
I"kLLL		24,292	[kA]
IkLLL		1,585	[kA]
IpLLL		38,064	[kA]
IacLLL(t)	t= 8 ms	16,092	[kA]
	t= 16,67 ms	12,293	[kA]
	t= 50 ms	7,813	[kA]
	t=100 ms	5,379	[kA]
IdcLLL(t)	t= 8 ms	15,316	[kA]
	t= 16,67 ms	7,289	[kA]
	t= 50 ms	0,547	[kA]
	t=100 ms	0,015	[kA]
IkLLL(t)	t= 8 ms	38,072	[kA]
	t= 16,67 ms	24,672	[kA]
	t= 50 ms	11,596	[kA]
	t=100 ms	7,622	[kA]
	t=100 ms	6,134	[kA]

Tabla 7. Selección de interruptores Paneles de 440 Vac

BARRAJE	$I_{nominal}$ [A]	(I_{cm})[KA]	(I_{cu})[KA]	REF. ESCOGIDA (ABB)
PANELES DE DISTRIBUCIÓN 440V,3ϕ, 60HZ				
T. Ppal.(1S)	800	63	30	T6N 800
P.D. 2-63-2	250	52.5	25	T3N 250
P.D. 01-26-2	250	52.5	25	T3N 250
P.D. 1-18-1	250	52.5	25	T3N 250
P.D. 2-15-1	400	63	30	T5N 400
P.D. 2-53-2	63	30	15	T1C 160
P.D. 1-49-2	400	63	30	T5N 400
P.D. 1-49-4	250	52.5	25	T3N 250
P.D. 01-43-2	63	30	15	T1C 160
P.D. 3-23-2	160	30	15	T1C 160
TEmerg.(1E)	320	63	30	T4N 320

método de la norma IEC 61363-1 es, a la fecha, el más indicado para obtener de forma confiable los valores más bajos (en comparación con otros métodos) de la máxima corriente de cortocircuito prevista y con ellos, realizar una optimización tanto económica como de peso en la selección de los equipos de maniobra y protección.

- La metodología desarrollada en este trabajo está orientada hacia la especificación de las capacidades de corte y de cierre de los dispositivos de interrupción y hacia la coordinación de protecciones, que son las intenciones de la norma IEC 61363-1.

- Los resultados del cálculo de corrientes de cortocircuito en el sistema eléctrico de la Fragata “ARC independiente” mostraron que el sistema puede operar con seguridad utilizando interruptores con una capacidad de corte (I_{cu}) de 30KA y una capacidad de cierre (I_{cm})de 63 KA.

BIBLIOGRAFÍA

[1] IEEE. Recommended Practice for Electrical Installations on Shipboard. IEEE Std 45-2002. Estados Unidos, IEEE, 2002.

[2] OMI. SOLAS (Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar). Edición refundida de 2001.

[3] IEC. Electrical Instalation of Ships and Mobile and Fixed Offshore Units Part 1: Procedure for calculating short-circuit currents in three phase AC. IEC, 1998.

[4] DC MARITIME TECHNOLOGIES. All you want to know about short-circuits but were afraid to ask: Design Review, 2000.

[5] JIMÉNEZ, Víctor Hugo. Introducción a los sistemas eléctricos en buques.

ANÁLISIS PRÁCTICO DE ALINEACIÓN DE LARGAS LINEAS DE EJES DEL SISTEMA PROPULSIVO DE BUQUES

Ricardo A Lugo Villalba. Jefe Departamento Maquinaria Naval y Propulsión. COTECMAR, rlugo@cotecmar.com
Germán Méndez Algarra. Analista Departamento de Estructuras y Materiales. COTECMAR gmendez@cotecmar.com
Catherine Ramírez Villalba. Departamento de ingeniería mecánica y mecatrónica. Universidad Nacional de Colombia. lcramirezv@unal.edu.co

RESUMEN

Este artículo presenta una metodología de alineación de sistemas de propulsión por medio de un ejercicio aplicado en un buque. En primera lugar, se muestra un análisis del trabajo elaborado con anterioridad a este y se realiza una breve revisión bibliográfica referida al estado del arte en la temática relacionada con alineación de ejes en buques. Posteriormente, tomando como base normas, guías y apartes teóricos, se realiza la selección de una serie de criterios que definen los límites del modelo de alineación. Como parte del trabajo se desarrollo un programa en el software Model Center como una herramienta preliminar para el cálculo de la alineación, este programa por medio de parámetros generales establecidos y tomando en cuenta los criterios de alineación seleccionados, obtiene la posición en Y, que procura el funcionamiento óptimo del sistema de propulsión, para los cojinetes al interior del buque.

ABSTRACT

This article presents a methodology for alignment of propulsion systems through an exercise implemented on a ship. At first, it shows an analysis of the work made before and a brief review of the actual state in the theme related with shaft alignment on ships. Then, based on standards, guides and theoretical sections, were selected a set of design criteria defining the standard alignment limits. As part of the work a program was developed in Model Center software as a tool to calculate preliminary alignment, this program through set parameters, and taking into account the alignment criteria selected, get the position at Y, which seeks the optimal propulsion system operation the for the bearings inside the vessel.

Introducción

El diseño de la alineación para el sistema de propulsión es como todos los procesos de diseño, el resultado de un proceso iterativo, debido al gran número de parámetros de diseño que son dependientes. Por ejemplo, durante la operación ocurren cambios en la carga de los cojinetes debido a la expansión térmica y desgaste de estos cojinetes externos e internos lubricados por agua, que deben estudiarse con la finalidad de dimensionar y seleccionar los cojinetes que satisfagan la solicitación a las diferentes condiciones de operación. En este diseño preliminar, se considera satisfactoria la alineación cuando es posible controlar el desplazamiento vertical y cargas en los cojinetes, y esfuerzos por flexión y por fuerzas cortantes en los ejes. El ángulo de alineación de los diferentes cojinetes, la alineación del engranaje principal y la deflexión en el cigüeñal, aunque son parámetros importantes durante la alineación, no son objetivo de este trabajo dado que son definidos de manera previa en la fase de diseño del sistema propulsor. Por otro lado, el efecto global sobre la posición de los cojinetes por flexión del casco a diferentes cargas se deja para un análisis posterior. El proceso inicia con la configuración del modelo de diseño, posteriormente se selecciona una metodología de alineación y se determinan una serie de criterios de diseño, y finalmente se procede al cálculo. Lo más importante en el diseño es el análisis particular en cada fase del proceso y en cada iteración.

Metodología de alineación del sistema de propulsión – Alineación Racional Usando Coeficientes de Influencia

El procedimiento de alineación adoptado es el denominado como Curva Favorable (Faircurve), que consiste en encontrar la posición adecuada de los cojinetes para concordar con la flexión natural del eje, produciendo las mínimas cargas sobre los mismos y los mínimos esfuerzos por flexión del eje. En este proceso los cojinetes se ubican a lo largo de una curva estática de deflexión del eje que anticipa expansión por la operación en caliente, desgastes por operación y asegura una mejor área de contacto para los mismos. Con respecto a una posición base, en línea recta, los cojinetes del reductor y cojinetes bronce-caucho descienden y se define un ángulo de inclinación para los cojinetes del túnel. Dado que la suma de todas las reacciones debe ser igual al peso total del sistema y que la carga en un cojinete implica descarga de sus vecinos, la matriz de coeficientes de influencia es simétrica, los signos de los coeficientes de influencia se alternan y la suma de los mismos, debidos al cambio de posición en un cojinete, debe ser igual a cero. Valores altos de los coeficientes de influencia indican que el sistema es rígido y susceptible a desalineación, por el contrario

valores bajos indican que el sistema es flexible y robusto, condición que se busca. En el cálculo las salidas importantes son:

- Reacciones en línea
- Curva de deflexión del eje
- Ángulo de rotación y desplazamiento del eje en puntos discretos
- Diagrama de momentos de flexión
- Diagrama de fuerzas cortantes sobre el eje
- Coeficientes de influencia

Criterios de Diseño

Tomados del **Marine Engineering**, los criterios generales objetivo del diseño son:

- No sobrecargar ningún cojinete
- No descargar ningún cojinete
- Cargas aproximadamente iguales para los cojinetes de la línea de ejes
- Cargas aproximadamente iguales para los cojinetes de la caja de reducción
- Debe considerarse operación en frío y en caliente del reductor
- Debe considerarse desgaste en los cojinetes y deflexiones del casco

En cargas de flexión

Las cargas que inducen esfuerzos de flexión en los ejes son resultado de la gravedad, choque, cargas de empuje descentradas y vibraciones de tipo axial. Las cargas soportadas en el exterior tienen mayor influencia debido a la alta concentración de peso de la hélice. La localización que se asume para la acción de las reacciones resultantes en los cojinetes es determinante en el cálculo de los momentos de flexión que actúan sobre el eje, pero la gran longitud de los cojinetes usados en la parte exterior para disminuir los esfuerzos por fuerzas cortantes, complica la precisión con la que se localiza. Un criterio aceptable es asumir la reacción ocurre en el centro de todos los cojinetes excepto en el cojinete continúo a la hélice. Debido al gran peso de la hélice, el eje de hélice tiene una inclinación importante en este cojinete, por lo que la reacción resultante tiende a actuar en la parte posterior del cojinete, la más cercana a la hélice. La reacción resultante se asume normalmente a un tercio de la longitud del cojinete o un diámetro medido desde la parte posterior del cojinete. Existen una serie de fenómenos que influyen en los momentos de flexión del eje de hélice, como excentricidad, profundidad, condiciones de mar y maniobras del buque. Para evaluar el efecto

de estos fenómenos se puede incrementar la magnitud de los momentos de flexión presentes en el eje de hélice en un factor estadístico que es función de la carga y operación del buque, la condición del mar y la profundidad del agua, y se presenta a continuación:

Load	Sea Condition	Operation	Water Depth	Factor
Heavy	calm	ahead	deep	1
Heavy	calm	maneuvering	deep	2
Heavy	calm	crash back	deep	3
Light	calm	ahead	deep	1 1/8
Light	calm	maneuvering	deep	2 1/4
Light	calm	crash back	deep	3 3/8
Heavy	stormy	ahead	deep	2 1/3
Light	stormy	ahead	deep	2 2/3
Heavy	calm	ahead	shoal	1 1/2
Light	calm	ahead	shoal	1 3/4

Tabla1: factor de incremento del momento de flexión

En ubicación de los cojinetes

Para encontrar la posición óptima de los cojinetes se analiza el conjunto de ejes como una viga continua y en general se tienen en cuenta los siguientes factores:

- Estructura y arreglos del buque
- Igualdad en las reacciones de los cojinetes
- Flexibilidad del eje
- Frecuencias naturales de las vibraciones laterales

En la fase de diseño se definen el número y posición aproximada de los cojinetes, mientras que en el proceso de alineación del sistema de propulsión se encuentra el punto efectivo de soporte de cada cojinete y se determina la posición en Z (y posible en Y) optima para cada cojinete, que resulta en una distribución de carga adecuada sobre los todos los cojinetes soporte del sistema. Se debe tener particular cuidado en la selección y posicionamiento de los cojinetes de popa y proa del tubo de bocina para asegurar que se cuenta con la flexibilidad adecuada en el eje. Estos cojinetes están sujetos a la variación de la alineación durante

servicio. Las condiciones críticas de servicio principales son operación en frío-caliente, desgaste en los cojinetes lubricados por agua y desalineación en general. El desgaste de los cojinetes lubricados por agua altera las cargas en todos los cojinetes del conjunto, por lo que la solicitación de cada cojinete debe ser analizada para los diferentes casos de desgaste presentes durante la operación, esto con el fin de asegurar una alienación correcta para el buen funcionamiento del conjunto. Es importante cuidar que no se descargue o sobrecargue ningún cojinete durante la operación del buque.

Algunos criterios específicos considerados son:
Cuando el sistema de propulsión va de condición en frío a condición de operación (en caliente) los cojinetes de la caja de reducción usualmente ascienden en un rango de 15 a 30 milésimas de pulgada respecto a la alineación en línea recta inicial. Particularmente las cargas en el cojinete de proa decrecen mientras las cargas sobre el cojinete de popa se incrementan, causando que el engranaje asuma una posición inclinada con respecto al piñón. Normalmente el fabricante establece la máxima diferencia entre las reacciones de los cojinetes. El punto de acción de las reacciones se asume en el centro de todos los cojinetes excepto en el cojinete continúo a la hélice, donde se asume a un tercio de la longitud del cojinete medido desde la parte posterior del cojinete. 0.8 mm ascenso en el cojinete de popa de la caja de reducción por condición en caliente De igual manera se abstrajo de la guía de **ABS**, que se deben realizar los cálculos para el máximo permitido de las tolerancias de alineación para demostrar que:

- Las cargas en los cojinetes están dentro de los límites especificados por el fabricante para todas las condiciones de funcionamiento.
- Las reacciones en los cojinetes son siempre positivas (es decir, soportando el eje).
- Fuerzas cortantes y momentos de flexión en el eje están dentro de límites aceptables, en relación con otras tensiones en el eje.
- Fuerzas y momentos sobre los equipos de propulsión están dentro de los límites especificados por el fabricante de la maquinaria .

Algunos criterios tomados del libro Proyecto del Sistema Propulsor, de la **ESPOL** son:

- La presión Pmax permisible para los cojinetes caucho-bronce es igual 275 MPa y 687 MPa para cojinetes Magnolia-acero.
- Los claros utilizados en los cojinetes para la formación de la película de lubricación son de 0.003in para cojinetes internos de acero y 0.164in para cojinetes lubricados por agua.

Diagrama y descripción del sistema de propulsión

El sistema de transmisión de potencia consta de dos líneas de ejes, cada una con 4 ejes acoplados a una caja de reducción con la siguiente disposición: El eje de la hélice lleva en su extremo posterior la hélice de paso variable. El acoplamiento de popa une el eje de la hélice con el eje del tubo de la bocina. El eje del tubo de la bocina está dispuesto en la zona del tubo de la bocina. Por el lado de la popa va acoplado al eje de la hélice, y por el lado de proa va acoplado al eje de transmisión 1. El acoplamiento de proa une el eje del tubo de la bocina con el eje de transmisión 1. El eje de transmisión 2 va unido al eje de transmisión 1 y al reductor principal, mediante acoplamientos de brida.

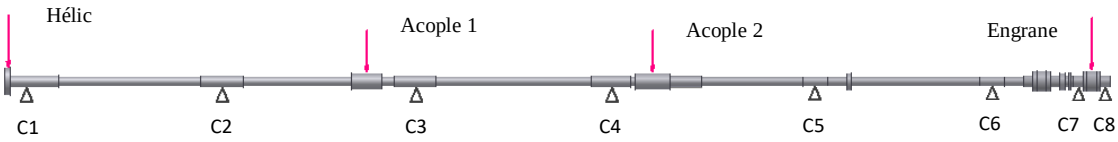


Fig. 1. Diagrama modelo de alineación

De un análisis de peso del modelo realizado con anterioridad en Inventor se comprobó que la configuración discriminada de pesos del modelo, que incluye desde la hélice hasta la caja de reducción, es la siguiente:

Designación	Masa [kg]
hélice	4145
eje de hélice	6563
acople	1145
eje de bocina	4814
acople	1098
eje intermedio	2688
eje salida	2577
eje engrane	2000
engrane	4200
Total	29230

Tabla2: Designación de pesos

Es importante resaltar que las masas del eje del engrane y del engrane fueron calculadas a partir planos de operación, por tanto son aproximadas y tendrán que evaluarse posibles cambios en la alineación si posteriormente se verifican cambios en las mismas.

Dado que este trabajo inicia sobre un buque construido, la disposición de los cojinetes en número y posición se encuentran definida, solo se tiene acceso al cambio de posición en X de los cojinetes C5 y C6. El estudio de la alineación se basa en el modelo anteriormente descrito. El análisis incorpora la distribución de pesos de los ejes asumiendo que son iguales las secciones de área para el eje de hélice y el eje de bocina, los ejes de transmisión 1 y 2, y el eje del engrane principal de la caja de reducción, siendo sus inercias diametrales iguales a Izz1[m^4], Izz2[m^4] y Izz3[m^4], respectivamente. Cargas concentradas como son la hélice MH [kg], acoples MA1 [kg] y MA2 [kg] y el engranaje de la caja de reducción ME [kg]. La posición de los cojinetes de la siguiente manera:

Cojinete	**X[m]**
C1	1.13
C2	7.358
C3	13.558
C4	19.858
C5	26.658
C6	32.328
C7	35.088
C8	35.868

Tabla 3. Posición en X de los cojinetes

El efecto de la fuerza de flotación sobre los elementos sumergidos, hélice, eje de hélice, acople A1 y el eje de bocina, es considerado, dando como resultado la siguiente distribución de masas:

Designación	**Masa [kg] Flotación**
Hélice	3362
Eje de hélice	5717
Acople1	999

Eje de bocina	4171
Acople2	1098
Eje intermedio	2688
Eje salida	2577
Eje engrane	2000
Engrane	4188
Total	**26800**

Tabla 4. Designación masa modelo considerando F. flotación

El modulo de Young del acero se tomó como 2.07 $x10^{11}$ kg/m^2 y la razón de Poisson como 0.29.

Resultados y discusión

Como resultado de esta parte de la investigación se propone un programa desarrollado en software Model Center, éste permite la administración e interacción de diferentes programas, facilitando los procesos para el cálculo de la alineación y reduciendo tiempos de iteración por cambio en los parámetros. En este programa las variables de los módulos están relacionadas, las salidas de algunos módulos son entradas de otros. Las variables enlazadas se actualizan una vez se realizan cambios y se corren los módulos, éstas variables se representan por medio de un anillo.

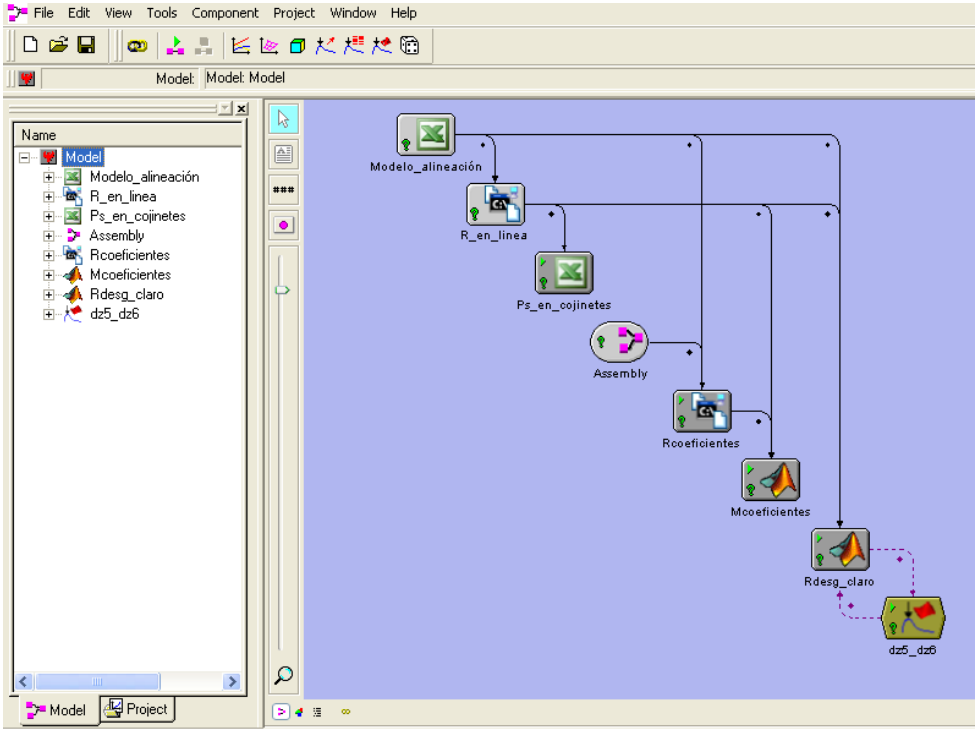


Fig. 2. Vista inicial del programa

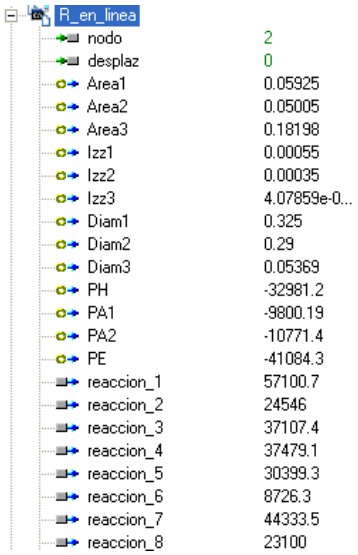


Fig. 3. Ejemplo vista modulo reacciones en línea

La rutina en Model Center combina la acción de Excel, Ansys, Matlab y algunas funciones propias del software, con el objetivo de obtener la posición en Y para los cojinetes C5 y C6, tal que la posición de todos los cojinetes coincida con la flexión natural del eje distribuyendo de una manera adecuada las cargas en todos los cojinetes del sistema y produciendo esfuerzos mínimos en el eje. La rutina se compone de 8 módulos que se describen a continuación.

Modulo 1: Modelo de alineación

Este modulo es una hoja de Excel que calcula:

Pesos de hélice (PH), acople 1 (A1), acople 2 (A2) y engrane (E), que son cargas puntuales aplicadas. Áreas A1, A2 y A3 que corresponden al área del eje por sección necesaria para obtener el peso indicado como entrada del modelo, en forma distribuida a lo largo de los ejes. Estas áreas consideran que los ejes son huecos ya que esto cambia la capacidad del eje frente a la solicitación. El diámetro exterior es una entrada de la hoja de cálculo y permanece invariable el diámetro interior por el contrario cambia según el peso requerido. Por sencillez en el modelo se asume que son iguales y constantes las secciones de área para el eje de hélice y el eje de bocina, los ejes de transmisión 1 y 2, y el eje del engrane principal de la caja de reducción. Inercias diametrales Izz1, Izz2 e Izz3, que son una relación directa de los diámetros interno y externo.

La reacción ideal es un valor supuesto que da una idea preliminar del valor que debería tener la reacción en cada cojinete, aproximado como un valor inferior al total del peso soportado

dividido por el número de cojinetes. En la siguiente imagen se enseñan los valores de entrada, que son los que aparecen en color verde y se pueden modificar en cualquier momento, y las salidas que se muestran en color negro.

Modulo 2: Cálculo de las reacciones en línea y coeficientes de influencia

En este modulo se calculan las reacciones en línea de los cojinetes. Inicialmente, se asume que todos los descansos se encuentran en una línea recta y posteriormente en otro modulo se incluye desplazamiento vertical para simular situaciones reales, como el desgaste. Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

BEARING	RY [N]
C1	57089
C2	24616
C3	36833
C4	38288
C5	27208
C6	16402
C7	36381
C8	25975

Tabla 5. Reacciones en línea

En el cálculo con el sistema en línea se obtienen la curva de flexión del eje, rotaciones angulares del eje sobre los cojinetes, el diagrama de momento flector y de fuerza cortante y se calculan las presiones estáticas sobre los cojinetes. Obteniendo los siguientes resultados:

Curva de flexión del eje

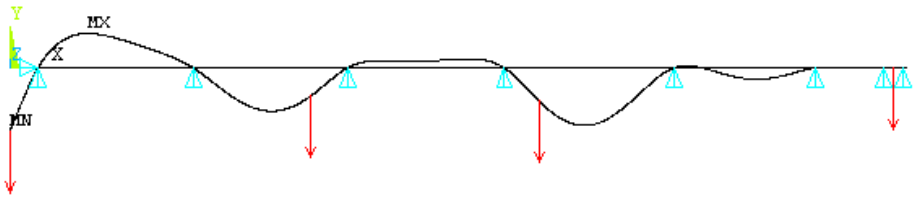


Fig.6. Curva de deflexión del eje; cojinetes en línea.

Según los resultados, el máximo desplazamiento MN tiene un valor de -0.632mm y se produce en la parte posterior de la línea de ejes donde se concentra la carga de la hélice.

Enseguida del cojinete y como reacción a la carga de la hélice se encuentra otro desplazamiento considerable MX con un valor de 0.344mm.

Desplazamientos de nodos principales y rotaciones angulares del eje sobre los cojinetes

NAME	UY [mm]	ROTZ [grados]
Hélice	-0.63127	6.24E-04
C1	0	4.28E-04
C2	0	-1.58E-04
	0.34236	2.01E-08
A1	-0.27685	1.82E-04
C3	0	1.35E-04
C4	0	-1.63E-04
A2	-0.2991	-2.50E-04
C5	0	9.28E-05
C6	0	3.68E-05
C7	0	-2.40E-06
Engrane	-3.6403	-1.06E-07
C8	0	2.82E-06

Tabla 6. Deformaciones y deflexión angular sobre nodos principales.

Diagrama de momento flector

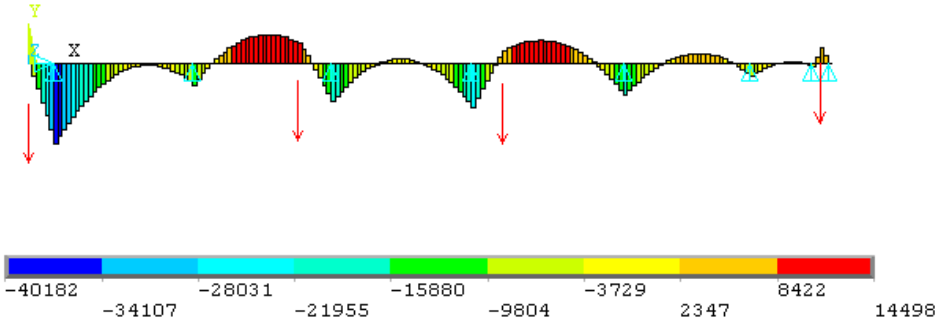


Fig. 7. Diagrama momento flector

El momento de flexión máximo se presenta en el eje de hélice con un valor de -40182 N*m, este momento se presenta debido a la alta flexión del eje en esta zona dado el cambio en

posición de los cojinetes por el efecto de la gran carga concentrada de la hélice. Debido a la carga concentrada de los acoples se generan también puntos críticos de curvatura.

Diagrama fuerza cortante

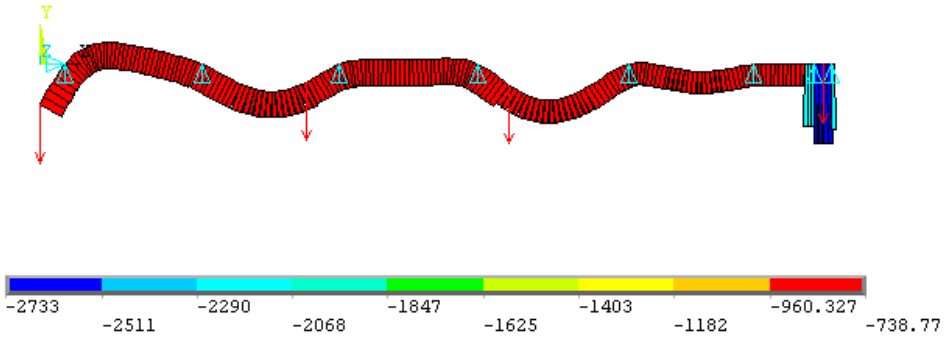


Fig. 8. Diagrama fuerza cortante

El eje de la caja de reducción tiene la más alta solicitud por fuerzas cortantes, debido al gran peso del engrane, pero en general la línea de ejes está sometida a cargas cortantes similares con valores cercanos a 738.77 N

Diagrama de esfuerzo máximo (Esfuerzo directo + esfuerzo de flexión)

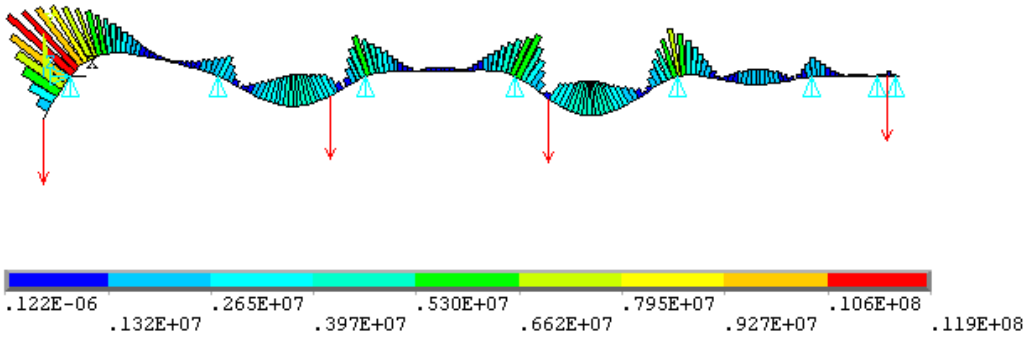


Fig. 9. Diagrama Esfuerzo máximo

El esfuerzo máximo se presenta en el eje de hélice con un valor de 119 MPa, si se considera el factor de incremento del momento de flexión igual a 2, entonces se puede aproximar la solicitación real del eje como el doble del esfuerzo máximo 240 MPa. Este valor es inferior al valor permisible de 440MPa para el acero utilizado en los ejes de la línea de propulsión .

Modulo 3: Presión en cojinetes

Con los valores obtenidos de las reacciones, se calculan las presiones estáticas de los cojinetes, excepto los de la caja de reducción, con el objetivo de evaluar la adecuada selección del cojinete, frente a la solicitación. Una vez obtenidos los valores de las presiones se comparan con los valores de referencia [7], que presenta Pmax con un valor permisible 687MPa para cojinetes metálicos y 275MPa para cojinetes bronce-caucho, lubricados con agua. Los valores permisibles están muy por encima de los valores de solicitación calculados.

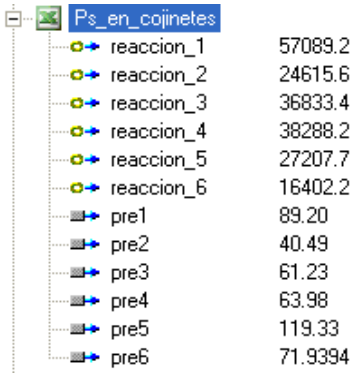


Fig. 10. Resultados Modulo presiones estáticas

Modulo 4, 5 y 6

Es de esperarse que ciertos cojinetes pierdan su posición inicial debido al desgaste, alterando las reacciones que se desarrollan sobre todos los cojinetes y dando lugar a la desalineación. Para calcular los coeficientes de influencia se utiliza el método de elementos finitos y por medio de un proceso iterativo se obtiene la matriz de coeficientes de influencia. En el programa se creó un ciclo que cambiara en 1mm la posición de cada descanso, este proceso se hace de uno en uno y de manera continuada se va llenando la matriz, que resulta ser simétrica, y con elementos de la diagonal principal positivos. Los signos de los elementos en cada fila aparecen alternados, lo que significa que al levantarse un cojinete absorbe más, produciendo una descarga de los soportes adyacentes.

	[N]	57089	24616	36833	38288	27208	16402	36381	25975
	[m]	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**	**C6**	**C7**	**C8**
C1	1	755	-1713	1200	-296	74	-39	47	-28
C2	1	-1713	4639	-4387	1788	-448	236	-282	167
C3	1	1200	-4387	6217	-4321	1765	-928	1112	-659
C4	1	-296	1788	-4321	5212	-3785	2741	-3284	1945

C5	1	74	-448	1765	-3785	5561	-8448	12953	-7673
C6	1	-39	236	-928	2741	-8448	37982	-109230	77686
C7	1	47	-282	1112	-3284	12953	-109230	386628	-287943
C8	1	-28	167	-659	1945	-7673	77686	-287943	216504

Tabla 7. Matriz de coeficientes de influencia. Reacciones en línea

Esta matriz puede ser utilizada para evaluar la sensibilidad de una línea de ejes a ciertos cambios verticales de descansos, desgastes por tiempo de uso, deflexión del casco o desviaciones térmicas.

Modulo 7 y 8

Modulo de optimización. Una vez se cuenta con la matriz de coeficientes de influencia, se evalúan situaciones reales presentes en los cojinetes de túnel, arbotantes y caja de reducción, durante la operación de la embarcación. En este caso se consideran claros y desgastes máximos permisibles, en especial se considera que los cojinetes de acero no sufren desgaste en comparación con los cojinetes lubricados por agua. Para este caso en particular los desgastes en los cojinetes se presentan con la siguiente configuración.

Cojinete	**ΔY [mm]**
C1	-1.657
C2	-1.357
C3	-0.657
C4	-1.857
C7	0.20
C8	0.20

Tabla 8. Cambio de posición en Z en los cojinetes por condiciones de operación

Para el proceso de optimización se implementa un algoritmo genético que por medio de dos variables minimiza las funciones objetivo, cuidando que ninguna reacción sea negativa en los cojinetes por medio d una restricción. Las variables de diseño son los desplazamientos en Z de los cojinetes C5 y C6, y las dos funciones objetivo que corresponden a tres criterios importantes de diseño planteados anteriormente.

Name	Value
design variable (dzC5) [mm]	-0.079
design variable (dzC6) [mm]	0.781
objective (fob: C5=C6)	24.6501429
objective (fob2: C7 = C8)	0
constraint (rfinal[1]>0) [N]	54948
constraint (rfinal[2]>0) [N]	29576
constraint (rfinal[3]>0) [N]	32830
constraint (rfinal[4]>0) [N]	40902
constraint (rfinal[5]>0) [N]	22553
constraint (rfinal[6]>0) [N]	24997
constraint (rfinal[7]>0) [N]	27243
constraint (rfinal[8]>0) [N]	29743

Tabla 9. Resultados Algoritmo Genético

Resultados: Modelo Final de Diseño

El modelo resultante del diseño de la alineación se presenta a continuación, en general las reacciones oscilan alrededor de 2200kg valor planteado como carga ideal sobre los cojinetes. Como se puede observar la distribución de las cargas mejora considerablemente con respecto a los criterios de diseño considerados. Por ejemplo los cojinetes intermedios tienen una solicitación mayor lo que resulta positivo si se considera que su durabilidad y resistencia mecánica es mayor que la de los cojinetes bronce-caucho. Aún así, se presenta una ligera sobrecarga sobre el cojinete de proa del eje de bocina, que debe tenerse presente para la correcta lubricación del cojinete.

BEARING	Rinicial [kg]	Rfinal [kg]
C1: Arbotante popa	5819	5601
C2: Arbotante proa	2509	3015
C3: Bocina popa	3755	3347
C4: Bocina proa	3903	4169
C5: Intermedio popa	2773	2299

C6: Intermedio proa	1672	2548
C7: Caja reducción popa	3709	2777
C8: Caja reducción proa	2648	3032

Tabla 10. Reacciones finales de diseño

Conclusiones y Recomendaciones

Todo elemento presente en el sistema de propulsión se ve afectado por cualquier tipo de desalineación pero como se dijo en la introducción este es un trabajo de cálculo preliminar, para obtener resultados más seguros es necesario profundizar este estudio incluyendo los conceptos relacionados con la deflexión del casco, cojinetes del tubo de bocina, sellos, efecto de la inclinación tubo de bocina, entre otros que tienen una influencia demasiado importante en el diseño de la alineación. Durante el desarrollo de este trabajo fue importante conocer los criterios de cambio por desgaste permisible de los cojinetes, y se encontró que aunque se cuenta con algunos criterios dados por fabricantes, normas o casas clasificadoras, el criterio final está dado por una serie de condiciones más, como restricciones físicas en el buque, niveles de vibraciones y ruido requeridos para la condición de operación del buque, desbalanceo y exactitud en la alineación, errores en la lubricación, entre otros particulares. Por lo que es muy importante definir todas estas condiciones para conocer los desplazamientos reales por desgaste presentes en los cojinetes lubricados por agua.La deflexión del casco es, sin duda, una condición determinante en la posición de los cojinetes durante la operación, de manera que conocer las condiciones de carga y calado y las deflexiones correspondientes para las diferentes condiciones de operación es necesario para definir el comportamiento de del sistema de propulsión. Se ha dicho en el inicio que un criterio importante para el análisis es considerar una condición estática, es decir que no se han considerado ningún tipo de efecto dinámico, pero definitivamente es un proyecto de interés evaluar los efectos de vibración y la sensibilidad en la alineación. Para trabajos futuros seria un ejercicio complejo e interesante, ampliar el marco del programa incluyendo nuevas temáticas y generalizando el programa de manera que permita probar modelos de diferentes buques con configuraciones y condiciones de operación diferentes.

BIBLIOGRAFÍA

[1] ABS, American Bureau of Shipping, Guidance notes on propulsion shafting alignment, Houston, ABS, April 2006

[2] ABS, Rules for Building and Classing Steel Vessels, Part4, ABS,2003

[3] Harrington, R, Marine Engineering, SNAME, Chapter X, Section 3, SNAME, 1971

[4] Harrington, R, Marine Engineering, SNAME, Chapter X, Section 4, SNAME, 1971

[5] GL, Germanischer Lloyd, Chapter 2, Section 4, GL, 2003

[6] LR, Lloyd's Register, rules and Regulation for Ships, Part5, Chapter 8, LR, 2002

[7] Marin, J, R, Proyecto del Sistema Propulsor, Guayaquil, Escuela Politécnica El Litoral, ESPOL, 2005

[8] Woodward, John, Apuntes de clase, Marine Shafting Design and Aligment

[9] Woodward, John, Apuntes de clase, Shafting Aligment – Using Reaction Influence Numbers

[10] Análisis del Alineamiento de la Línea Propulsora

PESQUERO POLIVALENTE PARA LA REGIÓN ORIENTAL VENEZOLANA

MULTIPURPOSE FISHING BOAT FOR EASTERN VENEZUELA

JOSÉ EFRAÍN VÁSQUEZ SALAZAR

Departamento de Ingeniería Mecánica, Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

Universidad de Oriente - Núcleo de Anzoátegui

RESUMEN: El presente trabajo, ha sido realizado con la finalidad de ofrecer a la comunidad pesquera venezolana y en especial a la oriental, el diseño de un Pesquero Polivalente que cumpla con las condiciones de trabajo y capacidad de captura que exige la pesca, todo ello enmarcado dentro de una óptima inversión y operación para garantizar la competitividad con embarcaciones foráneas. Para ello, se ha proyectado un buque, con dimensiones tales, que aseguren la autonomía en el oriente venezolano y zonas adyacentes de aguas internacionales, o donde Venezuela tenga convenios pesqueros con países vecinos; además, que sus bodegas posean suficiente capacidad para almacenar el producto durante la campaña de pesca. Siendo sus características más resaltantes: 22 m de eslora, casco de doble codillo, proyectado en acero naval bajo normas de la American Bureau Shipping (ABS) y que cumpla con las condiciones de desempeño para el cual se destina.

PALABRAS CLAVES: Pesquero Polivalente, Naval, Acero, Casco, Eslora, Calado, Codillo.

ABSTRACT: This paper has been prepared to offer the design of a multipurpose fishing boat to the Venezuelan fishery community especially in the eastern region. This multipurpose fishing boat complies with the work conditions and the amount of catch during the fishing season; all of this is within the maximum investment and operation of the boat to guarantee its competitiveness against foreign vessels. To accomplish this, a boat has been designed with dimensions that insures self-sufficiency while operating in the eastern region of Venezuela and adjacent zones in international waters or where Venezuela has fishing agreements with neighboring countries. Its hold's capacity is sufficient to store all products caught during the fishing season. Its principal characteristics are: 22 m length (L_{OA}), two kinks hull, designed of naval steel according to the American Bureau of Shipping (ABS) specification and it also complies with the conditions under which it is going to perform.

KEY WORDS: Multipurpose Fishing Boat, Naval, Steel, Hull, Length, Draft, Kink.

I.- INTRODUCCIÓN:

La actividad pesquera en el acontecer económico actual exige una significativa inversión, de allí la importancia de seleccionar embarcaciones óptimamente dimensionadas y eficientemente operadas, para garantizar y mantener una de las actividades económicas empresariales, que durante muchos años ha sido una de las más prósperas en nuestro país, hoy un poco alicaída.

Entre los factores que han influido en la disminución de unidades de la flota pesquera oriental, podemos mencionar los siguientes:

- La escasa incorporación de nuevas embarcaciones desde finales de la década de los ochenta.
- La puesta fuera de servicios de las unidades, unas por haber alcanzado su límite de vida útil, y otras, por el escaso o la falta de mantenimiento adecuado, que aceleraron su envejecimiento.
- La disminución del nivel de productividad, lo que ha motivado a los armadores a orientar sus inversiones hacia otras actividades "más productivas".

Todos los factores inmediatos anteriores enunciados, junto con el crecimiento vegetativo de la población y su consecuente incremento de la demanda de productos del mar, reclaman la presencia de nuevas y eficientes unidades.

Flota Pesquera Oriental

La flota pesquera oriental constituye la mayor y más diversificada flota acantonada en el país, la cual se encuentra distribuida en los Estados Anzoátegui, Sucre y Nueva Esparta. Generalmente están organizadas en asociaciones, enmarcadas dentro de la pequeña y mediana industria, constituidas en su mayoría por palangreros y ratropescas, con esloras que oscilan entre los 12 y 32 m.

En el Estado Anzoátegui su puerto base es el muelle pesquero de Punta Meta en Guanta; en el Estado Sucre la lonja pesquera de Cumaná, Marigüitar, Puerto Santo y Güiria; y en el Estado Nueva Esparta en Chacachacare, Boca del Río y Boca del Pozo.

En Punta Meta la flota pesquera en casi su totalidad es para pesca de arrastre, actualmente en proceso de eliminación; en Margarita, Estado Nueva Esparta, se

concentran las flotas denominadas “pargueros macanagüeros, con pesca de fondo tradicional y artesanal, altamente selectiva y ecológica; finalmente en el estado Sucre existe la más grande y heterogénea flota de Venezuela, compuesta por atuneros de encierro y caña, palangreros, pesca de fondo y gran cantidad de ratropescas.

II.- CARACTERÍSTICAS DEL BUQUE

El objetivo principal del presente trabajo, es presentar el diseño de un pesquero polivalente para incorporarlo a las flotas nacionales, que cumpla con la exigencias mínimas para su faenas, tales como:

- Líneas hidrodinámicas adecuadas para incrementar su desempeño en el mar.
- Selección del sistema propulsivo apropiado.
- Autonomía conveniente que garantice su estadía en las zonas de faenas durante la campaña de pesca.
- Evitar el sobredimensionado del buque,
- Capacidad de bodegas.
- Capacidad de captura.
- Y que garantice la seguridad de la vida humana en la mar.

El trabajo no pretende hacer una optimización del diseño de un pesquero, como tal no lo aborda, sino, que presenta un buque polivalente que cumpla en gran medida con las necesidades en cuanto a capacidad de captura, autonomía, gastos de operación, etc.; realizadas por embarcaciones de mayor tamaño, mayor tonelaje, con mayores gastos de inversión y operación, y por ende con menor productividad. Todo ello con el objeto de disminuir la inversión inicial y los costos de operación, así como, garantizar la presencia efectiva de Venezuela en aguas internacionales colindantes, para obtener el mayor provecho de los convenios pesqueros bilaterales que tenemos con países vecinos.

Como debe ser del conocimiento para el Ingeniero Naval, la escogencia de las dimensiones principales para un pesquero polivalente, precisa del análisis de una serie de factores (Guimaraes, 1978) tales como: el uso para el cual se le destina, la capacidad de captura, la tendencia de crecimiento de las flotas actuales, la capacidad de carga, la autonomía, las necesidades del armador, la disponibilidad de astilleros técnicamente aptos para la construcción y consecución de trabajos de mantenimiento, las limitaciones impuestas por los organismos estatales para preservar la pesca, etc. Todos estos factores que influyen en la selección adecuada de las

dimensiones del pesquero.

Para este propósito se presenta un buque de 22 m de eslora total, con 6 m manga, 2,7 m de calado máximo y construcción de doble codillo para mejor desempeño. Sus vistas principales son mostradas en el Plano 1.

Requerimientos para constructivos

Toda embarcación para su construcción, debe dar cumplimiento, a las Disposiciones y Requisitos a que está sujeta la Industria de la Construcción Naval Nacional. En tal sentido, se consignarán, para su estudio y aprobación en Instituto Nacional de los Espacios Acuáticos (INEA), División de Ingeniería Naval de Minfra, los siguientes recaudos:

- Planos de vista general,
- Plano de formas,
- Plano Estructural,
- Planos de servicio,
- La memoria descriptiva y
- Cálculos.

Los elementos que conforman la construcción del buque son de acero naval ASTM-A36. El casco, cuadernas, roda, codaste, quilla, mamparos, varengas, baos, barraganetes y demás elementos estructurales del barco, conforma un casco hidrodinámico de arrufo normal, con un Coeficiente de Bloque Promedio (C_b = 0,69). El casco es totalmente soldado, con doble cordón de soldadura eléctrica en contrasentido.

Dimensiones principales

Eslora total (L_{OA}) ..... 22,00 m
Eslora entre perpendiculares (L_{bp}) .... 18,35 m
Eslora de línea de agua (L_{wl}) ..... 19,85 m
Manga moldeada (B) ..... 6,00 m
Puntal moldeado (T) ..... 3,26 m
Volumen de desplazamiento (▼). 115,31 m^3
Coeficiente de bloque promedio (C_b) 0,69

Del Plano de Formas, Plano 2, generado durante el trazado de líneas hidrodinámicas (Mandelli, 1986), se obtienen las *curvas de balizas*, figura 1, y de allí, su representación en la *tabla de medias mangas*, Tabla 1.

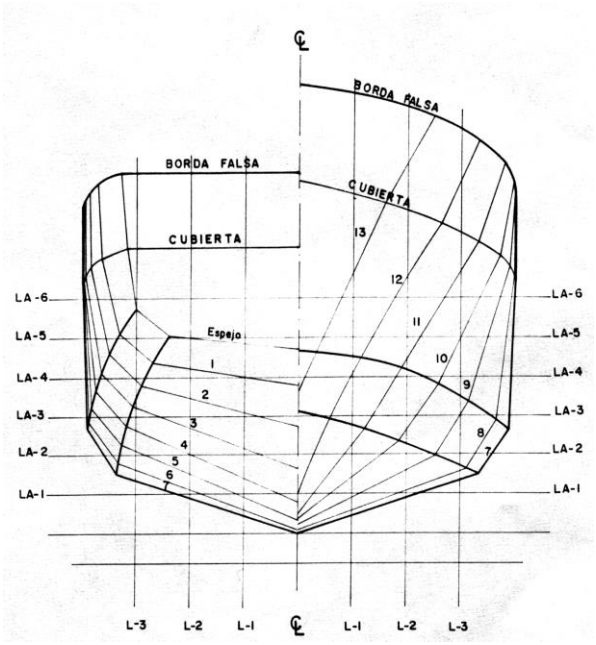


Figura 1. Plano de balizas o caja de cuadernas

TABLA 1. Representa la plantilla de datos de medias mangas en mm para diferentes líneas de agua, obtenidas del trazado de las líneas del plano de balizas.

Sección	Media Manga (mm)					
	Línea de Agua					
	1	2	3	4	5	6
Popa	-	-	-	-	1500	2270
1	-	-	-	680	2430	2600
2	-	-	550	2280	2680	2790
3	-	520	1920	2670	2820	2910
4	260	1480	2500	2830	2895	2960
5	860	2130	2770	2900	2940	2975
6	1360	2580	2910	2940	2960	2985
7	1680	2695	2910	2950	2970	3000
8	1360	2450	2750	2810	2880	2970
9	830	1910	2230	2640	2630	2970
10	430	1140	1640	2000	2260	2520
11	210	640	1030	1350	1690	2030
12	-	200	440	700	990	1310
13	-	-	-	80	330	590

Características estructurales

El buque para ser construido en acero naval, según las normas de la American Bureua Shipping (ABS, 1999), fijadas con doble cordón de soldadura eléctrica en contra sentido. La Tabla 2 muestra las dimensiones que arrojan los cálculos de los elementos estructurales más resaltantes.

TABLA 2. Dimensiones de los principales elementos estructurales del casco.

Descripción	Dimensiones
Quilla	180x120x25 mm
Codaste	25 mm espesor
Roda	25 mm espesor
Cuadernas y varengas	100x10 mm
Mamparos	8 mm espesor
Casco	8 mm espesor
Cubierta	8 mm espesor
Superestructura	6 mm espesor
Tanques combustible	6 mm espesor
Codillo del pantoque	25 mm diámetro
Espejo de popa	8 mm espesor

Compartimientos del casco

Siguiendo el plano estructural del buque, Plano 3, la distribución de las cuadernas, en los espacios más representativos del pesquero es el siguiente:

- El espacio comprendido entre el espejo de popa y la cuaderna 7, es el **lazareto de popa,** en él está instalado el mecanismo de posicionamiento de la pala del timón, bodega para cabos, aparejos de pesca y tanques de combustible de popa a estribor y babor.
- Entre las cuadernas 7 y 20 se encuentra la **sala de máquinas,** con tanques de combustibles a ambos lados.
- **La bodega refrigerada** abarca el espacio comprendido entre las cuadernas 20 y 35, la parte inferior es el doble fondo para tanques de lastre o combustible.
- Desde la cuaderna 35 hasta la roda de proa, es el espacio conformado por el **pañol y pique de proa,** con tanque de agua fresca en la parte inferior y el espacio restante para rancho de cabos y aparejos de marinería.
- Las cuadernas 20 y 35 son mamparos estancos, el primero separa la sala de máquinas de la bodega refrigerada y el otro la bodega refrigerada del pañol de proa.

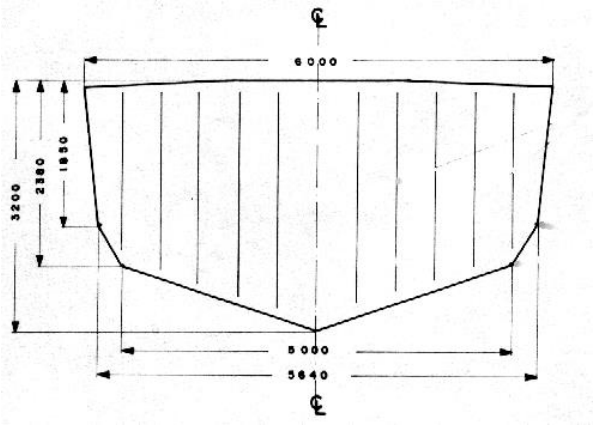


Figura 2. Cuaderna 20, mamparo estanco entre sala de máquinas y cava frigorífica.

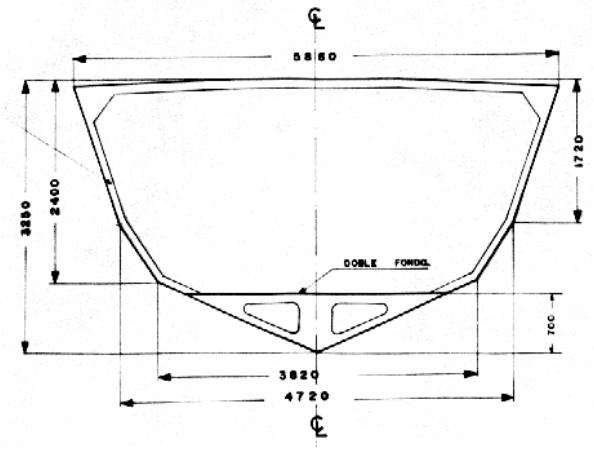


Figura 3. Cuaderna 28, a mitad de la cava.

Sistema propulsor:

En la selección del sistema propulsivo de un buque los parámetros más importantes que intervienen son:

- Uso a que se destina,

- Lugar donde realizará sus labores
- La velocidad máxima de crucero para alcanzar prontamente las zonas de pesca,
- La velocidad durante las operaciones de pesca,
- El tiempo de duración de la campaña, etc.

Un estudio previo de todos estos parámetros, (Vásquez, 1985), nos indica, que un motor sugerido para un buque palangrero de estas dimensiones es el presentado en la Tabla 3.

TABLA 3. Características motor propulsor.

Motor Caterpillar Tutboalimentado	
Modelo	3408 TA
Rev/min	1800
Potencia	272 kW (270 bhp)
Consumo	66,5 l/h
Transmisión	Twin Disc MG509
Relación de giro	3,9:1

Superestructura

Construida sobre la cubierta principal, a 11,10 m desde la popa y a 2,90 m desde la proa; con dimensiones de 7,70 m por 4,50 m 2,30 m de altura en dos niveles. Con áreas comunes, camarotes, áreas de servicios, cocinas, comedor, puente de mando, etc. Pudiendo variar de acuerdo a su uso. Toda la superestructura es de acero naval de 6 mm de espesor paredes y techos, reforzada con pletinas de 40 x 3 mm de espesor paredes de la superestructura. Paredes y techos recubiertos interiormente con una capa de poliuretano expandido de 4 cm de espesor como aislante.

Equipo de Gobierno

Sistema hidráulico, operado por rueda manual, con controles principales instalados en el puente de mando y otro auxiliar, estratégicamente ubicado en el área exterior de la cubierta principal, para uso durante las faenas de pesca y en puerto. Posee acople con tuberías, mangueras, tanques de alimentación del aceite y sistema hidráulico que acciona la pala del timón ubicado en el lazareto de popa.

Sistema de achique y contra incendio

- Una bomba de agua de mar de 50 mm (2”) de diámetro, acopiada a un motor eléctrico, usada para sistema de o achique, baldeo y/o contra incendio; con acoples, mangueras, toberas de riego.
- Una bomba de agua de mar de 50 mm (2”) de diámetro, acopiada mediante un toma fuerza al motor principal; usada para

sistema de baldeo, achique y contra incendio; con acoples, mangueras, toberas de riego.

- En total cinco extintores manuales de 9,5 litros de polvo químico tipo ABC, tres ubicados en la sala de máquinas y otros en la caseta próximo a la cocina, y el restante de CO_2 que deberá estar colocado en el puente de mando.
- Se recomienda la instalación de un sistema automático contra incendio de CO_2 en la sala de máquinas, con tuberías y toberas difusoras.
- Una bomba de agua de mar de 50 mm (2") de diámetro, acoplada al motor auxiliar o planta Diesel; usada para sistema de achique, baldeo y contra incendio; con acople, mangueras y toberas de riego.
- Dos bombas automáticas de achique de 12 V. Ubicadas en la sentina del buque.

Equipos de salvamento, comunicación y navegación:

- Diez (10) chalecos salvavidas para adultos autorizados por Minfra.
- Dos (2) aros con rabisas y luces intermitentes.
- Pistola para luces de Bengala.
- Una balsa rígida con capacidad para ocho personas.
- Un bote de servicios con capacidad para seis personas.
- Brújula con luz incorporada.
- Eco sonda.
- Radar marino.
- Radio receptor trasmisor VHF.
- Radio receptor trasmisor SSB.
- Luces de navegación, fondeo y posición.
- Navegador satelital GPS.
- Cartas náuticas de las zonas e implementos para trazados, como sistema alterno.

Equipos eléctricos

- Un generador autónomo de 20 kW de 220, 110 y 24 V, conducido por un motor DIESEL de encendido eléctrico.
- Un generador acoplado al motor principal de 60 amperios y 24 voltios.
- Unas 28 lámparas eléctricas de 24 y 110 V, con sus respectivos protectores y una luz bitácora adicional.
- Cuatro baterías de larga duración de 24 voltios cada una, para el alumbrado de emergencia, el radio teléfono y el sistema de arranque del motor principal y planta eléctrica.
- Un tablero eléctrico a nivel de la sala de máquinas, uno en salón comedor y otro en

el puente de mando, con interruptores y fusibles protectores.

Tanques

- Siete tanques de combustible con capacidad total de unos 68.000,00 litros.
- Un tanque de aceite para el motor de 200 litros de capacidad.
- Dos tanques de agua fresca para un total de 9.500,00 litros.
- La bodega cava posee un volumen efectivo de 75 m^3, lo que representaría entre 45 y 50 toneladas métricas de carga.

Autonomía

Se estiman unos cuarenta (40) días sin consumir la reserva del 10%, con un radio de acción de unas 10.500 millas náuticas a la velocidad de crucero de 11 nudos.

Tratamiento superficial y protección

La totalidad del casco, cubierta, caseta, casco, cuadernas, arboladura, etc., serán limpiadas en ambas caras con chorro de arena hasta el acero gris (Pinto, 1986). A todo el buque le serán aplicadas seis manos de pintura: dos manos de zinc rich, dos manos de fondo anticorrosivo y dos manos de acabado epóxico; este último en la obra viva será de pintura antivegetativa.

III.- MÓDULO DE SECCIÓN DE LA CUADERNA MAESTRA

Los criterios del proyecto, (Sname, 1974), *considerando el buque como una viga simplemente apoyada en ambos extremos, que en su caso crítico se presenta, cuando la longitud de la ola es la misma magnitud de la eslora de línea de agua (L_{wl}),* que fijan magnitudes para el Módulo de Sección de un buque, están basados en los máximos valores del Momento Flector en aguas tranquilas más determinados factores de seguridad, que deben ser suficientes para compensar el incremento de tensiones de flexión y cizallamiento del casco, ocasionadas por el paso de las olas (Vásquez,1978). Razón por la cual, las Sociedades Clasificadoras (ABS, 1999) presentan requisitos para la Resistencia Longitudinal del buque, que sean capaces de resistir los momentos flectores y fuerzas cortantes máxima de acuerdo al tipo de mar donde se desempeñaba.

El cálculo del Módulo de Sección, está basado en el material que efectivamente contribuye para resistir la flexión del buque

en el sentido longitudinal. Este material está conformado por los elementos estructurales longitudinalmente instalados y continuos o, efectivamente desarrollados en las intersecciones con elementos transversales. El mismo abarca en general, los siguientes componentes:

- Las láminas externas del casco, fondo y cubierta.
- Baos de cubierta si son longitudinales.
- Vagras longitudinales
- Laminas del doble fondo
- Quilla verticales y laterales, si son continuas a lo largo de la sección media del buque, etc.

Determinación del eje neutro

Para determinar el eje neutro se procedió a calcular el centro de gravedad del área de la cuaderna seleccionada. Dada la simetría transversal del buque, solo se calculó para la mitad de ésta. El eje de referencia fue tomado en la parte inferior de la quilla. Se dividió el área total en cinco partes convencionales: dos rectangulares y tres triangulares, ver figura 4.

El cálculo del centro de gravedad de la figura viene dado por la ecuación:

$$Y_{GT} = \sum(A_i * Y_{Gi}) / \sum(A_i) \qquad (3\text{-}1)$$

Tomando como referencia la línea inferior de la quilla, se obtiene:

Y_{GT} = 215,43 cm

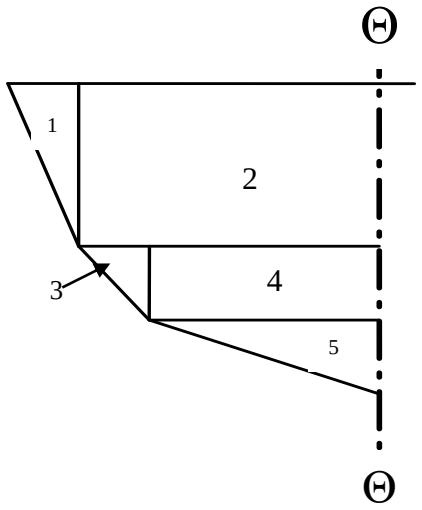


Figura 4. Muestra las cinco áreas de media sección transversal.

.

Cálculo del módulo de sección:

- Por encima del eje neutro calculado:

ME	A cm^2	d_n m	$a*d_n$ cm^2m	$a*d_n^2$ cm^2m^2	I_0 cm^2m^2
CP	195,00	1,165	315,12	509,23	-
UC	129,28	0,818	104,46	84,61	3,38
IPN	23,29	1,546	36,01	55,67	-
Total	**347,57**	**-**	**455,59**	**649,51**	**3,38**

- Por debajo del eje neutro calculado:

Miem	A cm^2	d_n m	$a*d_n$ cm^2m	$a*d_n^2$ cm^2m^2	I_0 cm^2m^2
UC	71,52	0,450	31,97	14,39	0,57
FS	75,00	1,490	112,05	166,95	-
CF	264,00	1,890	500,02	945,03	0,05
VP	5,06	0,890	4,51	4,01	-
Q	22,05	2,204	49,59	109,29	0,01
Total	**438,05**	**-**	**698,14**	**1239,7**	**0,63**

Resultando:

$$A = \sum a_i = 785,65 \text{ cm}^2$$

$$\sum a*d_n = -242,55 \text{ cm}^2 \text{ m}$$

$$I_n = 1892,52$$

$$d_g = \sum a*d_n / \sum a_i = -0,309 \text{ m}$$

$$d_g * \sum (a*d_n) = 74,81$$

$$I/2 = 1892,52 - 74,81 = 1817,71$$

$$I = 3635,36$$

- Distancia desde el ***eje neutro corregido*** hasta la cubierta (C_c) :

$$C_c = 1,615 - (-0,309) = 1,924 \text{ m}$$

Módulo de Sección en cubierta = I/C_c

$I/C_c = 1889,48 \text{ cm}^2 \text{ m}$

- Distancia desde el eje neutro corregido hasta el fondo (C_f):

$$C_f = 2,154 + (-0,309) = 1,845 \text{ m}$$

Modulo de Sección en el fondo = I / C_f

$I / C_f = 1970,38 \text{ cm}^2 \text{ m}$

Nomenclatura:

A_i	Área de sección i
Y_{Gi}	Distancia desde el nivel de referencia hasta el C.G. del área
Y_{GT}	Distancia del C.G. total de la figura
ME	Miembro estructural.

CP	Cubierta principal.
UC	Unidad de costado del casco.
IPN	Viga IPN.
FS	Fondo sentina.
CF	Costado fondo.
VP	Vagra del pantoque.
Q	Quilla.
a	Área del miembro seleccionado.
d_n	Distancia desde el eje neutro hasta el CG del miembro seleccionado.
I_o	Momento de inercia vertical con respecto a un eje que pasa por su propio CG.
I_n	Momento de inercia de la mitad de la selección con respecto a un eje paralelo al eje neutro verdadero.
d_g	Distancia desde el CG hasta el eje neutro verdadero.
I	Momento de la sección con respecto a una línea paralela que pasa por el CG.

Requerimiento estándar para el Módulo de Sección:

Los requerimientos estándares para el Módulo de Sección están dados por ***Load Line Regulation*** de los Estados Unidos, como el producto del factor **f**, el calado moldeado **d** y la manga moldeada **B**; los cuales están basados en los valores promedios obtenidos por la Sociedades Clasificadoras.

Para la sección de cubierta el valor de **f** calculado es 116,25, que representa en relación con los valores dados en la tabla 4 del PNA de *The Society of Naval Archistects and Marine Engineers*. (PNA, 1974), un coeficiente de seguridad de 3,84 por encima de los requerimientos exigidos. Los altos coeficientes de seguridad en estos buques se debe: a que la relación manga/eslora es mayor que la de embarcaciones convencionales.

IV.- CONCLUSIONES

- El pesquero polivalente diseñado, garantiza una autonomía de navegación suficiente para las zonas de pesca a la cual se le destina. Incluyendo los mares de los países vecinos, como son: Guyana, la Guayana Francesa, la Guayana Holandesa y el nordeste brasileño, hasta donde nuestras embarcaciones van a faenar.

- Con el casco de doble codillo se obtienen un coeficiente de bloques (C_b) menor, que si tuviese un solo pantoque a cada lado.

- Los valores de C_b son directamente proporcionales a la resistencia al avance del buque. Lo que representa para un motor en particular, una disminución del consumo de combustible para las mismas condiciones mar y velocidad.

- La capacidad de bodega (75 m^3), garantiza suficiente almacenamiento durante la campaña de pesca, lo que propende a una altísima rentabilidad en lances de buena captura.

- Dada su capacidad de bodega, podría ser utilizado como barco frigorífico para almacenar y trasladar a puerto la carga, que durante sus faenas de pesca, capturan embarcaciones de menor tamaño.

- Como alternativa a las regulaciones de la nueva Ley de Pesca, que limitan el uso de ratropescas en zonas costeras; propongo este modelo de casco que puede ser usado como palangrero, cañero, cerco, etc.

- Finalmente se presenta un Buque Polivalente que reúne las condiciones de autonomía, capacidad de captura y estabilidad; consecuentemente diseñado para las faenas de pesca en el oriente venezolano y zonas colindantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN BUREAU OF SHIPPING (ABS), 1999. Rules for building and classing for small steel vessel. New York, USA.

CALKIN, D. 1977. Escala de Beaufort. Brasil.

LEAL, L. 1987. Diccionario naval. Paraninfo. Madrid, España.

MANDELLI, A. 1986. Elementos de arquitectura naval. Editorial Alsina. Buenos Aires, Argentina.

PINTO, D. 1986. Planificación, programación y control para la construcción de una embarcación polivalente. Trabajo de grado. Departamento de ingeniería industrial UDO. Barcelona, Venezuela.

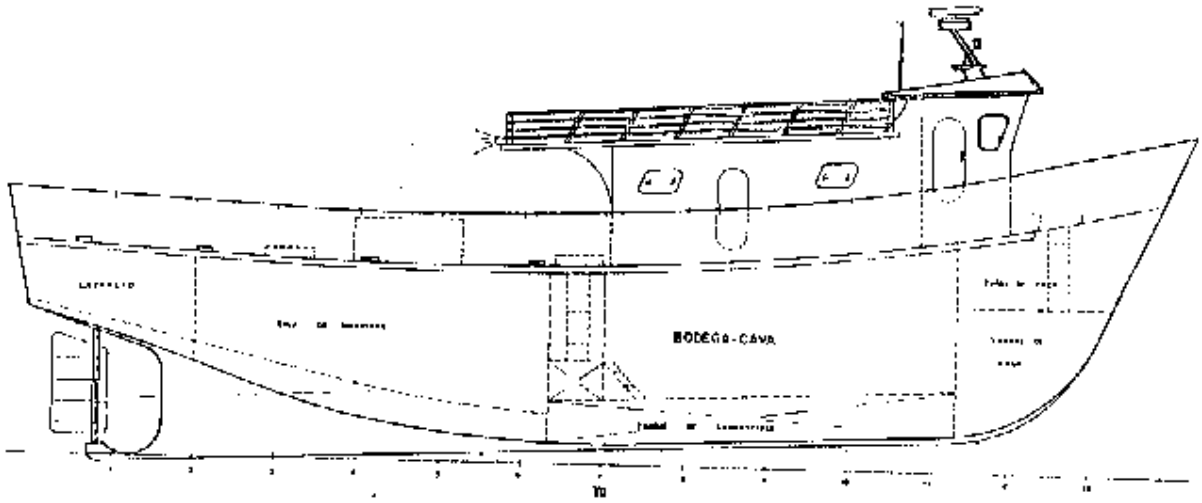
THE SOCIETY OF NAVAL ARCHITECTS AND MARINE ENGINEERS (SNAME). 1978. Principies of Naval Architecture, USA.

VÁSQUEZ, J. 1978. Aplicación de métodos hidrodinámicos y estadísticos para prevenir el comportamiento de un buque en el mar. Trabajo de Ascenso a

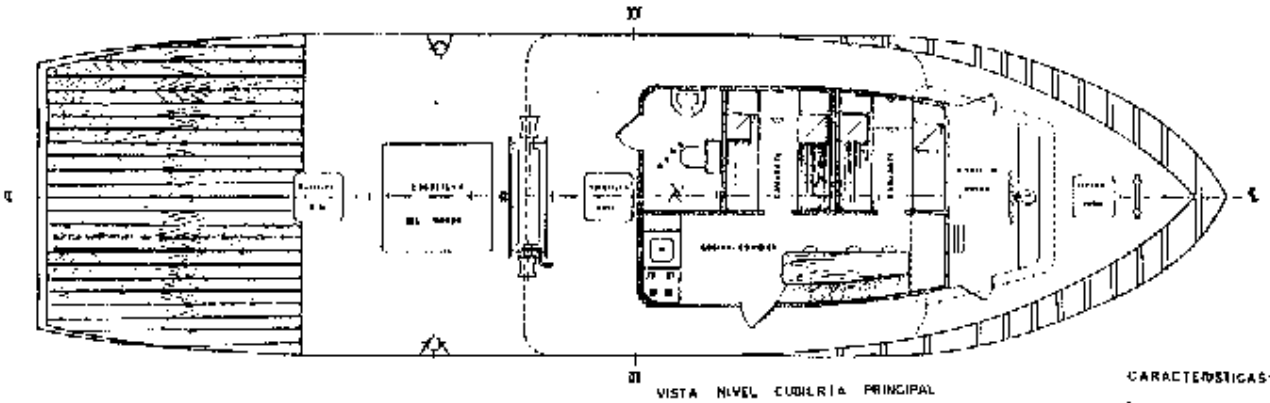
Prof. Asistente. UDO. Barcelona, Venezuela.

VÁSQUEZ, J. 1982. Criterios para el diseño computarizados de buques. Trabajo de Ascenso a Prof. Agregado. UDO. Barcelona, Venezuela.

VERRONES, V. 1982. Criterio más adecuado para verificar la estabilidad de un buque en el mar. Brasil.

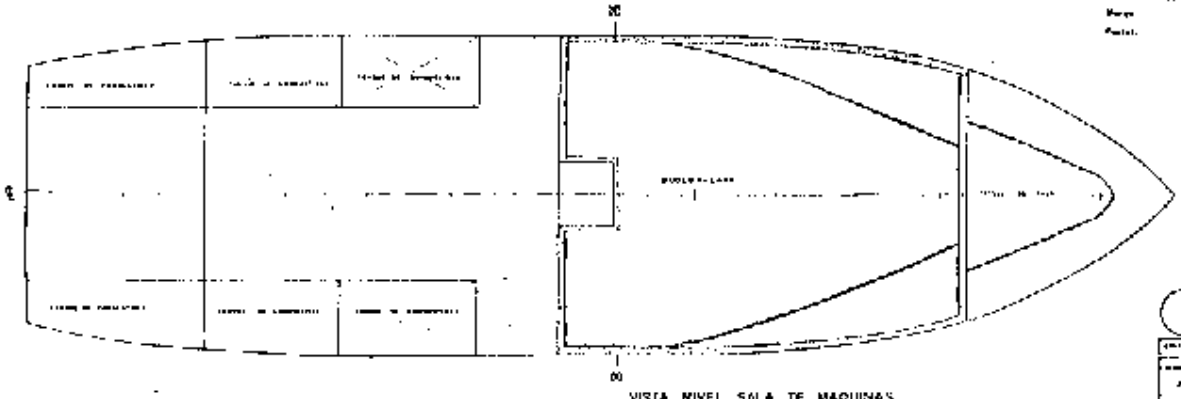


VISTA LONGITUDINAL



VISTA NIVEL CUBIERTA PRINCIPAL

CARACTERISTICAS

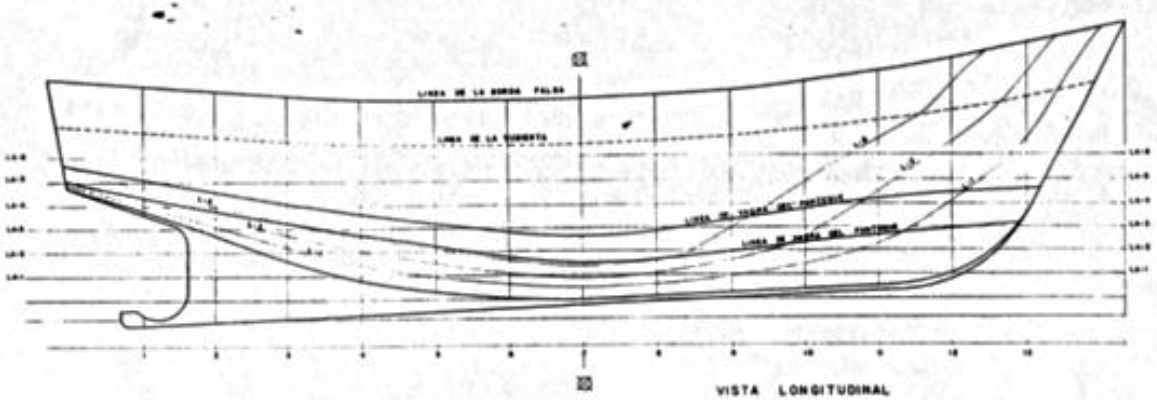


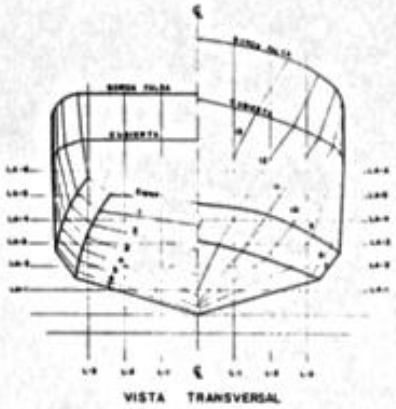
VISTA NIVEL SALA DE MAQUINAS

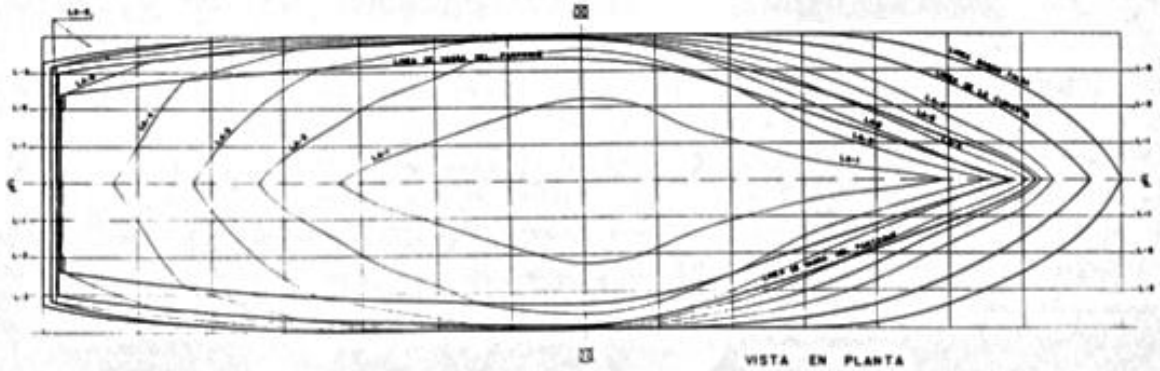
UNIVERSIDAD DE ORIENTE

PLANO DE DISTRIBUCION GENERAL

Plano Nº 1 Vista General





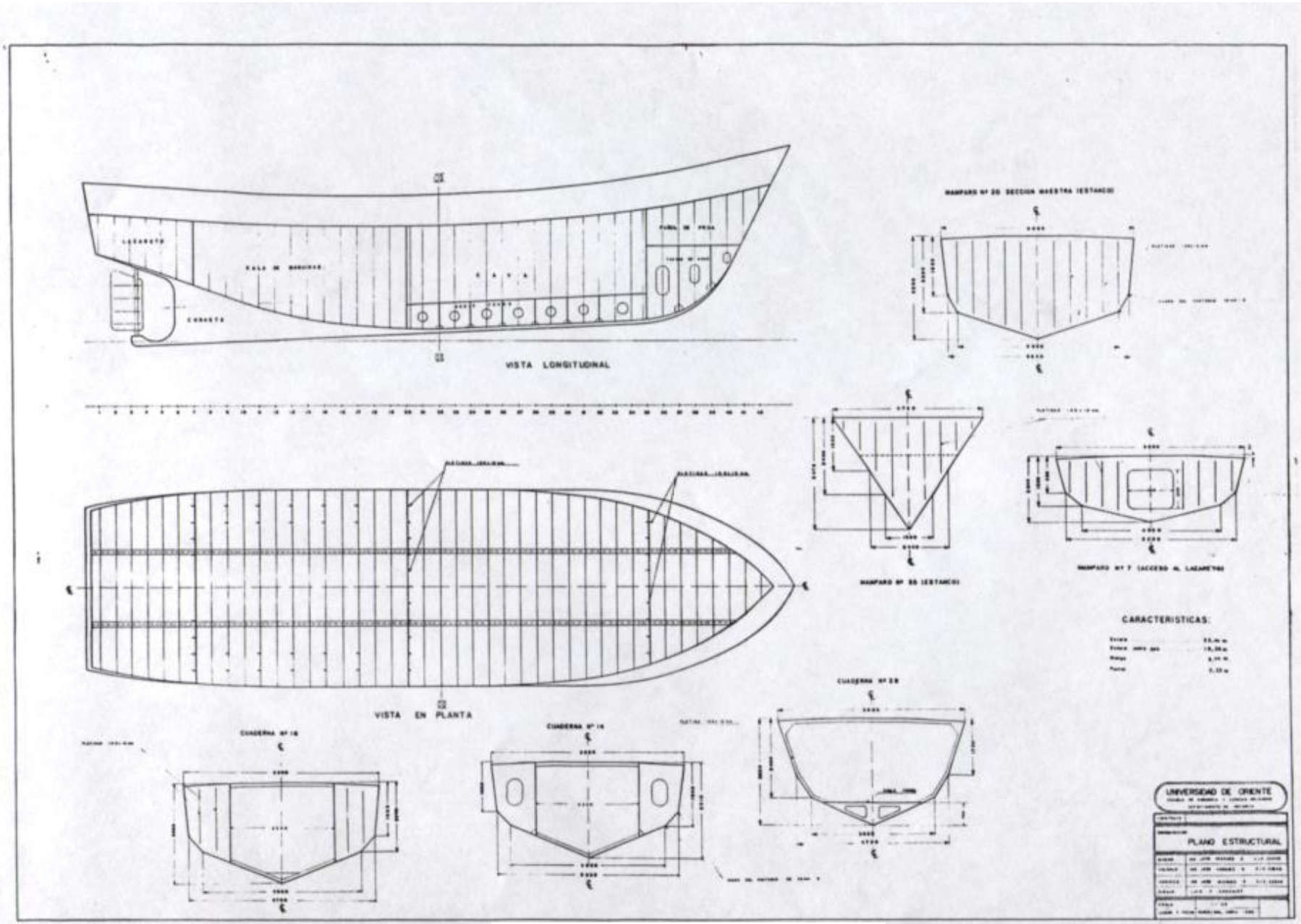


CARACTERISTICAS:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE

PLANO DE FORMAS

Plano Nº 2 Plano de Formas



Plano Nº 3 Plano Estructural

Acreditación de Canales Hidrodinámicos de Uso en Modelación Naval

JORGE FREIRIA

Facultad de Ingeniería, Montevideo, Uruguay. Ingeniero Naval. e-mail: jfreiria@fing.edu.uy

Resumen

En este trabajo se considera un Sistema de Calidad aplicado a un entorno específico, los Canales o Tanques de Ensayos Hidrodinámicos, siguiendo las directrices de la International Towing Tank Conference (ITTC), recogidas a su vez de la normativa internacional, y se centra en la evaluación de las incertidumbres en los resultados experimentales del ensayo hidrodinámico que se denomina Ensayo de Resistencia al Avance, y en la determinación de cuales variables son las que tienen mayor incidencia en dichos resultados.

Abstract

This work considers a Quality System developed by ITTC, applied to Towing Tanks, focusing on uncertainties results from Hull Resistance Tests.

Palabras clave: Acreditación, Buques, Canales, Incertidumbres, Resistencia,

1. ACREDITACIÓN

La acreditación es el procedimiento mediante el cual un Organismo autorizado reconoce formalmente que una organización es competente para la realización de una determinada actividad de evaluación de la conformidad. Los organismos de evaluación de la conformidad son los encargados de evaluar y realizar una declaración objetiva de que los servicios y productos cumplen unos requisitos específicos. Los laboratorios de ensayo y de calibración, las entidades de certificación (de producto, de sistemas de gestión, de personas), las entidades de inspección, y los verificadores medioambientales son ejemplos de Organismos de Evaluación de la Conformidad.

En la mayoría de las áreas de actividad humana, especialmente en laboratorios, se han puesto en marcha sistemas de evaluación de la conformidad con objeto de conseguir un nivel técnico mínimo, empujados por la demanda de las Administraciones y los clientes. Un requisito previo para la igualdad de condiciones en el comercio es que cualquier producto o servicio, aceptado formalmente en un país pueda, a igualdad de requisitos, circular libremente en otros países sin necesidad de verse sometido a nuevos ensayos, inspecciones o certificaciones. La acreditación, regulada y fiscalizada por organismos supranacionales garantiza que los organismos de evaluación de la conformidad de distintos países desempeñan su tarea de manera equivalente, generando la adecuada confianza que posibilita la aceptación mutua de resultados.

Bajo el esquema de las normas de Calidad, por ejemplo ISO 9000, se aplican los términos Certificación o Registro, que apuntan fundamentalmente a la transparencia de los procedimientos, tanto para el funcionamiento interno como en su relacionamiento externo. En cambio la Acreditación exige además un nivel de competencia en el desempeño de las actividades, lo que la diferencia de la Certificación o Registro. Un ejemplo es la norma ISO/IEC 17025 “Requisitos para la competencia del los laboratorios de ensayo y calibración”, la cual plantea requerimientos de un mayor grado de competencia técnica que incluyen la determinación de incertidumbres.

La Acreditación tiene beneficios para la Administración, pues pone a su servicio una organización especializada e independiente de los intereses del mercado que actúa en base a criterios exclusivamente técnicos. Pone a su disposición un valioso recurso, un conjunto de evaluadores de la conformidad que han demostrado su competencia técnica. También refuerza la confianza del público en los servicios básicos (laboratorios de salud pública, seguridad de alimentos, etc.). Para los evaluadores de la conformidad el beneficio de la Acreditación es la aportación que el logo “Acreditado” brinda como rasgo diferenciador en el mercado, siendo garantía de integridad y competencia, aumentando así las oportunidades comerciales. Actualmente es un requisito imprescindible en la mayoría de las actividades, siendo un requisito básico para poder brindar servicios de evaluación de conformidad, como calibración, certificación de sistemas de calidad, etc.

1.1. Acreditación de Canales de Prueba

Los Canales de Prueba utilizados para ensayos hidrodinámicos deben ser considerados como Laboratorios, donde se realizan ensayos con modelos físicos. Esto sugiere inmediatamente la incorporación de los mismos en un sistema de calidad y competencia específica, como lo declara por ejemplo la norma ISO 17025. Se comienzan ya a observar indicios de involucramiento con este aspecto del proceso de medición, forzados por un lado por la presión que se ejerce al implementar sistemas de

calidad, y por otro lado por la necesidad de ajustar los márgenes de incertidumbre en las medidas para la validación de resultados de modelación realizadas en CFD.

El liderazgo de este proceso le ha correspondido a la International Towing Tank Conference (ITTC), que en la Conferencia No. 22 plantea formalmente la necesidad de la implementación de un sistema de calidad y estimación de incertidumbres en las medidas. Por intermedio de su Comité de Calidad establece una aproximación al tema a través de un documento aclaratorio sobre el alcance y términos relacionados con la evaluación de las incertidumbres en las medidas. Posteriormente, en la Conferencia 24ª, se invita y promueve la participación de los laboratorios miembros con el objetivo de profundizar la introducción del tema al seno de la organización. Se diseñó un ejercicio de intercomparación donde se dispondrán de dos escalas (Geosims) del modelo desarrollado en el David Taylor Model Basin (DTMB) DTMB 5415, con esloras de 5.720 m y 3.048 m respectivamente, los cuales serán utilizados por dos grupos de instituciones para su ensayo y análisis. El DTMB 5415 es un modelo que representa un moderno buque tipo "Combatant", ampliamente utilizado para validación de códigos CFD y determinación de incertidumbres en EFD (Experimental Fluid Dynamics) seleccionado en Gothenburgo 2000 como banco de prueba (benchmark) para la validación de modelos numéricos (ITTC, 2002, 2005). Cada uno de los modelos completará un itinerario predeterminado que lo llevará por distintos laboratorios, comenzando por aquellos donde fueron construidos, siendo éstos el Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo (CEHIPAR) en el caso del modelo de eslora 5.720 m, y el CEHINAV de la ETSIN, para el modelo de eslora 3.048 m (ITTC, 2005).

2. CÁLCULO DE INCERTIDUMBRES

El cálculo de incertidumbres implica el conocimiento preciso del procedimiento de medida y las variables que serán medidas, las leyes físicas que rigen el fenómeno, etc. Este conocimiento debe estar acompañado por definiciones claras de los elementos involucrados; esta razón ha llevado a volcar grandes esfuerzos para establecer una terminología clara y universal.

2.1. Definiciones

Las definiciones de términos relacionados con las medidas están desarrolladas en la norma ISO/IEC/OIML/BIPM (1984) "International vocabulary of basic and general terms in metrology" (VIM), mientras que los conceptos estadísticos surgen de la norma ISO 3534 "Statistics – Vocabulary and symbols" (ISO 1992,1999, 2006; AIAA, 1999; Schmid, 2000).

Mensurando: es el atributo sujeto a medición de un determinado fenómeno físico que se puede identificar y valorar. La identificación clara del mensurando y su descripción detallada desde el punto de vista de las variables que intervienen en su definición es uno de los principales puntos en cuestión. Una mala o deficiente definición puede llevar a hacer fracasar el procedimiento de medida.

Error: es la discrepancia entre una medida y el valor real del mensurando. Se asignan dos componentes a esta magnitud, una componente de naturaleza aleatoria que se denomina "error de precisión" asumiendo que existen variaciones impredecibles que afectan la medida, y otra que refleja otros aspectos de la medida que producen un sesgo y que normalmente se asocian a efectos no aleatorios, indicado como "error sistemático".

Incertidumbre: duda, fluctuación, irresolución, inseguridad; en el caso de las medidas es aplicado en el sentido de la duda o falta de seguridad en la exactitud del resultado de la medición. Es un parámetro que caracteriza la dispersión de los valores que pueden ser atribuidos al mensurando, refleja la falta de conocimiento exacto sobre el valor del mensurando.

Propagación de errores: muchas veces no se mide directamente la magnitud deseada sino otras variables que relacionadas entre sí a través de una ecuación de reducción terminan definiendo el valor buscado. La forma en que dichas incertidumbres afectan la medida final, se denomina propagación de errores, correspondiendo evaluar cada una de sus componentes.

2.2. Tipo de Errores

El error se asume que está integrado por dos componentes, la primera asociada a desviaciones en los procedimientos de medida o "errores sistemáticos", mientras que la restante se atribuye a innumerables aspectos que en forma aleatoria actúan durante el procedimiento, denominada "errores de precisión".

Error sistemático: es la componente del error total debida a desviaciones o sesgos en el procedimiento de medida, como por ejemplo un corrimiento de la escala, influencia de unas magnitudes sobre otras, etc. Existen tres categorías de errores sistemáticos: asociados a la calibración del instrumento o sistema de medida, a la adquisición de datos y a la reducción de datos. Dentro de cada categoría pueden existir varias fuentes elementales que fuerzan la desviación

sistemática. El valor total de la estimación del error sistemático se calcula utilizando la suma cuadrática denominada RSS (root sum square). Por ejemplo, para la variable X_i existen J fuentes elementales de errores sistemáticos identificados por sus estimadores como $(B_i)_1$, $(B_i)_2$, ...$(B_i)_J$, con lo cual el error sistemático en la variable X_i puede calcularse como:

$$B_i = \sqrt{\sum_{k=1}^{j} (B_i)_k^{\,2}} \tag{1}$$

donde B_i es la estimación del error sistemático asociado a la variable Xi y $B_{i,k}$ son las estimaciones de los errores sistemáticos que aportan al error sistemático total; los valores $(B_i)_k$ deben ser estimados para cada variable X_i utilizando la información disponible en el momento.

Propagación de Errores Sistemáticos: la expresión general de la estimación de incertidumbre debido a la propagación de errores sistemáticos de las variables X_i en la medida experimental de la magnitud r definida como $r = r\,(X_1, X_2, ..., X_k)$ está dada por la expresión

$$B_i = \left[\sum_{i=1}^{k} (\theta_i \cdot B_i)^2\right]^{1/2} \tag{2}$$

donde B_r es el error sistemático correspondiente a una magnitud experimental r y $\theta_i = \partial r / \partial X_i$ es denominado coeficiente de sensibilidad, describe qué tan sensible es el mensurando con respecto a las variaciones de la magnitud de entrada correspondiente.

Constantes o propiedades de materiales: los errores sistemáticos asociados a constantes se considerarán nulos puesto que dichos datos no generan incertidumbres. En el caso de propiedades de materiales que aparecen en las ecuaciones de reducción del fenómeno, cuando estas vienen dadas en tablas o curvas en función de alguna variable de definición, Se asumirá como error sistemático en este caso el propio error en la generación de dichos datos. En caso de no acceder a esta información, se deberá asumir algún criterio, como por ejemplo considerar la última cifra significativa indicada en los valores de la tabla.

Ecuaciones de calibración: la ecuación de calibración es una ecuación que relaciona una medida o valor de salida con la medida de una magnitud o valor de entrada:

$$X_k = f(y_1, y_2, \cdots\cdots\cdots\cdots y_N) \tag{3}$$

Esta ecuación debe ser tratada como una ecuación de reducción, por lo cual su tratamiento será similar al dado en la ecuación [2]:

$$B_i = \left[\left(\frac{\partial X_k}{\partial y_1} \cdot B_1\right)^2 + \cdots\cdots \left(\frac{\partial X_k}{\partial y_N} \cdot B_N\right)^2\right]^{1/2} \tag{4}$$

Errores de precisión: los errores de precisión tienen su origen en una infinidad de circunstancias que provocan respuestas diferentes ante una misma medida; las causas siempre están presentes y no pueden ser soslayadas completamente. Incluyen al operador y su respuesta frente a cada medida, los instrumentos, las variaciones inherentes al suministro de energía, las condiciones ambientales que pueden producir variaciones en la respuesta de los instrumentos, etc.

Estimación de errores de precisión: se puede estimar el error de precisión en la medida r como:

$$P_r = t \cdot S_r \tag{5}$$

donde t es el límite de la variable normalizada para el intervalo de confianza establecido, conocido como factor de cobertura; para $N > 10$ se asume un valor $t = 2$ y S_r es la desviación estándar de la muestra de N lecturas.

Propagación de errores de precisión: se ha establecido con anterioridad que las fuentes de errores de precisión son difíciles de identificar y se refieren a distintos aspectos de la más diversa naturaleza; sin embargo se puede establecer que dichos errores tienen una distribución absolutamente aleatoria y gaussiana.

Suponiendo que se han identificado M fuentes de errores de precisión para la variable j; la expresión general de la estimación de incertidumbre debido a la propagación de errores de precisión está dada por la siguiente expresión:

$$Pj_i = \left[\sum_{k=1}^{M} (P_j)_k^{\,2}\right]^{1/2} \tag{6}$$

En los experimentos cuyos resultados se obtienen de un único ensayo, el límite de precisión de cada variable X_i debe determinarse. Para ello se tomarán en cuenta varios caminos: medidas repetidas, ensayos auxiliares, experiencia previa, estimación a partir de los datos de la escala, etc.

Cuando se realizan múltiples muestreos, se pueden determinar valores promediados de los M juegos de medidas $(X_1, X_2, ... X_J)_k$ en las mismas condiciones de experimentación, de donde se deduce

$$r = \frac{1}{M} \cdot \sum_{k=1}^{M} r_k \tag{7}$$

El límite del error de precisión del conjunto de muestras se transforma en

$$P_r = \frac{t \cdot S_r}{\sqrt{M}} \tag{8}$$

siendo S_r la desviación estándar de la muestra

$$S_r = \frac{1}{M-1} \cdot \sum_{k=1}^{M} (r_k - r) \tag{9}$$

3. CANALES DE PRUEBA: INCERTIDUMBRES EN MEDIDAS EN EL ENSAYO DE RESISTENCIA

El ensayo de resistencia consiste en la conducción de un modelo en un canal de agua rectilíneo a una velocidad predeterminada, con la finalidad de determinar el valor de la resistencia al avance, componente horizontal de la fuerza que el fluido ejerce sobre la carena. A estos efectos la resistencia del modelo así como su velocidad deben ser medidas en forma simultánea (ITTC, 2002).

La medida del coeficiente de resistencia, expresión adimensional de la resistencia al avance, viene dada por la ecuación

$$C_{TM} = \frac{R_{TM}}{1/2 \cdot \rho_M \cdot S_M \cdot V_M^2} \tag{10}$$

donde R_{TM} es la resistencia medida, ρ_M es la densidad del agua durante el ensayo, S_M es la superficie mojada del modelo y V_M la velocidad medida, corregida por bloqueo si corresponde.

La resistencia total puede ser considerada como la suma de dos componentes de distinta naturaleza:

1) resistencia residual asociada a los fenómenos de generación de olas, dependiente del número de Froude, cuyo cálculo se realiza utilizando la expresión

$$C_{RM} = C_{TM} - C_{FM} \cdot (1 + k) \tag{11}$$

donde C_{TM} es el coeficiente de resistencia del modelo, C_F es el coeficiente de resistencia friccional dado por la Línea de Correlación modelo – buque adoptada por la ITTC en 1957, k es el factor de forma deducido por el método de Prohaska.

2) resistencia viscosa, derivada de los esfuerzos cortantes que genera el fluido en las regiones adyascentes con el casco, y cuya expresión actual es presentada por la ITTC:

$$C_{FM} = \frac{0.075}{(\log Re - 2)^2} \tag{12}$$

siendo $Re = (V_M \cdot L_M)/\nu_M$ el Número de Reynolds para las condiciones del ensayo, donde V_M es la velocidad del modelo, L_M es la eslora del modelo y ν_M es la viscosidad del agua.

Los ensayos se diseñan para una velocidad nominal V_{nom}, pero esta velocidad difícilmente sea conseguida en forma exacta en los ensayos, esperándose encontrar valores muy cercanos en una distribución normal que dependerá de la calidad del equipo, de la calibración del mismo y de la pericia del operador. Dado que en este ejercicio se debe comparar resultados para la velocidad nominal preestablecida, se deberá corregir la velocidad real V_M teniendo en cuenta que para pequeñas variaciones de la misma se puede considerar que el resistencia es proporcional al cuadrado de la razón entre velocidades (ITTC, 2002)

$$C_{TM}^{nom} = C_{TM} \cdot \left(\frac{V_{nom}}{V_M} \right)^2 \tag{13}$$

La ITTC establece además la necesidad de utilizar una temperatura normalizada para la presentación de resultados debido a la gran dependencia de la resistencia con la viscosidad (ITTC, 2002, 2005). En el caso de ensayos realizados para terceros, es recomendado normalizar a la temperatura media del conjunto, mientras que en ejercicios de comparación como el propuesto se corregirá a una temperatura normalizada de 15º.

$$C_{TM}^{15^o} = C_{RM} + C_{FM}^{15^o} \cdot (1 + k) \tag{14}$$

donde C_{RM} es la resistencia residual y $C_{TM}^{15^o}$, $C_{FM}^{15^o}$ son los coeficientes corregidos para la temperatura normalizada.

La resistencia friccional es dependiente de la temperatura, no así la componente de resistencia por formación de olas, que se calcula utilizando los datos como surgen de los ensayos corregidos para la velocidad nominal. La ecuación (14) se puede expresar de la siguiente manera teniendo en cuenta (11)

$$C_{TM}^{15^o} = C_{TM} + \left(C_{FM}^{15^o} - C_{TM} \right) \cdot (1 + k) \tag{15}$$

donde $C_{TM}^{15^o}$ es el coeficiente de resistencia total normalizado, $C_{FM}^{15^o}$ es el coeficiente de fricción dado por línea de correlación modelo – buque ITTC (1957) normalizado y k es el factor de forma deducido por el método de Prohaska (ITTC, 1978).

4. DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE COEFICIENTES EN EJERCICIO DE INTERCOMPARACIÓN ITTC

En las Tabla 1 a Tabla 3 se presentan los resultados experimentales obtenidos con el modelo DTMB 5415 (Fig. 1) en el Canal de Experiencias Hidrodinámicas Navales (CEHINAV) de la Escuela Técnica Superior

de Ingenieros Navales (ETSIN) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) participante del ejercicio de intercomparación propuesto por la ITTC.

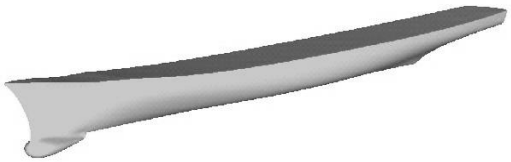


Fig. 1 – Representación CAD de modelo DTMB 5415

Las tres primeras columnas representan los datos brutos obtenidos de los ensayos, mientras que en la columna 4 se muestran los valores de la resistencia al avance corregidos para la velocidad nominal, y finalmente en la última columna se transcriben los valores del coeficiente de resistencia normalizados para una temperatura de 15º. Una vez determinado el conjunto de los coeficientes, se procede a la depuración mediante la aplicación de métodos estadísticos (en negrita datos eliminados).

Tabla 1 – Datos del Ensayo de Resistencia para Fr 0.10

R_X (N)	V (m/s)	T (º)	$R_{X\ norm}$ (N)	$C_T^{15°}$
0,937	0.54602	15.5	0,941	0.004580
0,943	0.54604	15.6	0,946	0.004610
0,993	0.54605	15.7	0,996	0.004855
0,969	0.54602	15.7	0,973	0.004742
0,972	0.54600	15.7	0,975	0.004754
1,015	0.54604	15.9	1,018	0.004967
0,975	0.54603	15.7	0,979	0.004770
0,974	0.54603	15.8	0,977	0.004766
0,963	0.54598	16.0	0,967	0.004719
1,025	0.54604	15.9	1,029	0.005018
1,008	0.54604	16.0	1,012	0.004939
0,999	0.54601	16.0	1,003	0.004894
0,918	0.54606	16.0	0,921	0.004499
0,979	0.54603	16.1	0,982	0.004797
0,952	0.54602	16.3	0,955	0.004670

Tabla 2 - Datos del Ensayo de Resistencia (Fr 0.28)

R_X (N)	V (m/s)	T (º)	$R_{X\ norm}$ (N)	$C_T^{15°}$
8,439	**1.52812**	**15.5**	**8,460**	**0,005273**
8,500	1.52809	15.6	8,521	0,005313
8,465	1.52799	15.7	8,487	0,005294
8,477	1.52805	15.7	8,498	0,005300
8,503	1.52819	15.7	8,523	0,005316
8,544	1.52806	15.9	8,565	0,005346
8,485	1.52818	15.7	8,506	0,005305
8,495	1.52814	15.8	8,515	0,005313
8,511	1.52807	16.0	8,532	0,005327
8,498	1.52811	15.9	8,519	0,005317
8,535	1.52805	16.0	8,556	0,005342
8,572	**1.52812**	**16.0**	8,593	**0,005365**
8,497	1.52810	16.0	8,518	0,005319
8,600	**1.52804**	**16.1**	8,622	**0,005385**
8,470	1.52807	16.3	8,492	0,005308

Tabla 3 - Datos del Ensayo de Resistencia (Fr 0.41)

R_X (N)	V (m/s)	T (º)	$R_{X\ norm}$ (N)	$C_T^{15°}$
27,937	2.23716	15.5	28,033	0,008116
27,858	2.23716	15.6	27,954	0,008095
28,050	2.23734	15.7	28,142	0,008151
27,876	2.23746	15.7	27,964	0,008100
28,072	2.23737	15.7	28,163	0,008157
27,892	2.23743	15.9	27,981	0,008108
27,747	2.23699	15.7	27,846	0,008066
27,888	2.23721	15.8	27,982	0,008107
28,159	**2.23693**	**16.0**	**28,261**	**0,008191**
27,830	2.23687	15.9	27,933	0,008095
27,855	2.23708	16.0	27,953	0,008102
28,036	2.23721	16.0	28,131	0,008154
28,000	2.23696	16.0	28,101	0,008145
27,932	2.23717	16.1	28,028	0,008126
27,800	2.23725	16.3	27,893	0,008090

4.1. Análisis de Errores Sistemáticos

Para determinar la incertidumbre en el resultado de la resistencia al avance se deberá establecer el límite de los errores sistemáticos para el siguiente conjunto de variables: Eslora (L_M), Densidad (ρ), Superficie mojada (S_M), Viscosidad (ν), Velocidad (V_M), Coeficiente de Resistencia Viscosa (C_F), Resistencia (R_X), Coeficiente de Resistencia Total (C_T), Temperatura (T), Factor de Forma (1+k).

Eslora: se asume que en la confección del modelo se comete un error de ± 1 mm cuando la máquina de tallar el modelo en madera comienza el proceso, por ej. en el extremo anterior, y un error igual cuando termina en el extremo opuesto, debido a un error de posicionamiento del cabezal. El error sistemático será $B_{L1} = 2.000E\text{-}03\ m$.

Superficie mojada: tendremos aportes debido a los errores transmitidos por el sistema de pesada del modelo generando un error en la estimación del desplazamiento, y por los errores cometidos en las dimensiones lineales que actúan en el mismo sentido, completando un error sistemático $B_S = 4.154E\text{-}03\ m^2$.

Velocidad: la velocidad es medida a través de un tacómetro (encoder) acoplado directamente al sistema motriz del carro dinamométrico. Al no contar con datos actualizados del funcionamiento del mismo se manejaron datos de calibración del sistema, encontrando que los errores combinados de calibración y de la ecuación de reducción ($V = d / t$; d es la distancia y t el tiempo en recorrer dicha distancia) son los detallados en Tabla 4:

Tabla 4 – Error sistemático de la velocidad

Número de Froude	B_V (m / s)
0.100	1.538E-03
0.280	1.553E-03
0.410	1.574E-03

Resistencia al Avance: La resistencia al avance se mide mediante una celda de carga que está conectada a través de un vínculo flexible directamente al modelo. En este caso aparecen componentes de error asociadas a la calibración de la propia celda y distintas fuentes en la adquisición de datos (desalineación de la celda de carga, conversión analógico – digital del equipo de medida y trimado del modelo). La composición de estos errores determina un error sistemático $B_R = 4.361E\text{-}02\ N$.

Temperatura: se mide con un termómetro microprocesador que consiste en una sonda (termistor) calibrada. La sonda de temperatura se linealiza mediante un microprocesador incorporado en el instrumento. El rango de medida es entre –50º y 150º, siendo su resolución 0.1º y su precisión ± 0.4º. Este valor es considerado como una estimación del error en este caso, siendo entonces $B_t = 4.000E\text{-}01\ ^o$.

Densidad: se calcula de acuerdo a las tablas suministradas en el procedimiento de la ITTC "7.5-02-01-03. Density and Viscosity of Water", cuyos valores se pueden representar por la correlación:

$$\rho = 1000.1 + 0.0552 \cdot t - 0.0077 \cdot t^2 + 0.00004 \cdot t^3 \quad (16)$$

donde t es la temperatura del agua del canal medida en ºC; una parte del error sistemático se asocia a la ecuación de reducción del fenómeno, mientras que la curva de ajuste de los datos experimentales aporta otra componente. Finalmente la estimación del error será $B_\rho = 7.816E\text{-}02\ kg/m^3$.

Viscosidad: análogamente como en el caso de la densidad, la viscosidad se calcula de acuerdo a las tablas suministradas en el procedimiento de la ITTC "7.5-02-01-03. Density and Viscosity of Water", cuyos valores se pueden representar por la correlación:

$$\nu = \left(6.83E-04 \cdot t^2 - 5.228E-02 \cdot t + 1.768\right) \cdot 10^{-6} \quad (17)$$

donde t es la temperatura del agua del canal medida en ºC. Las componentes de error son conceptualmente equivalentes, completando en este caso un valor de $B_\nu = 2.001E\text{-}08\ m^2/s$.

Coeficiente friccional: se calcula mediante la ecuación 13, quedando el error limitado al asociado a la ecuación de reducción:

$$B_{C_F} = \left[\left(\frac{\partial C_F}{\partial V} \right)^2 \cdot B_V{}^2 + \left(\frac{\partial C_F}{\partial L} \right)^2 \cdot B_L{}^2 + \left(\frac{\partial C_F}{\partial \nu} \right)^2 \cdot B_\nu{}^2 \right]^{1/2} \quad (18)$$

siendo sus valores en función de la velocidad los mostrados en la Tabla 5:

Tabla 5 - Error sistemático en el coeficiente de resistencia friccional

Número de Froude	B_{CF}
0.100	1.628E-05
0.280	1.189E-05
0.410	1.067E-05

Coeficiente de resistencia total: se calcula mediante la ecuación 10 y su error sistemático también se asocia a esta ecuación de reducción como en el caso anterior (Tabla 6):

Tabla 6 - Error sistemático en el coeficiente de resistencia total

Número de Froude	B_{CT}
0.100	2.140E-04
0.280	3.322E-05
0.410	2.980E-05

Factor de forma: este factor fue estimado en forma experimental de acuerdo a lo establecido en ITTC, 1999; la ecuación de reducción de estos datos lleva a una estimación de su error sistemático mostrada en la Tabla 7:

Tabla 7 – Error sistemático del factor de forma en f(Fr)

Número de Froude	B_{1+k}
0.100	6.114E-02
0.238	3.820E-02
0.316	5.474E-02

Coeficiente de resistencia total: se calcula mediante la ecuación 16, y al igual que en los casos anteriores la estimación del error sistemático se asocia con esta ecuación de reducción, siendo sus valores los indicados en la Tabla 8:

Tabla 8 - Errores sistemáticos para el Coeficiente de Resistencia Total Normalizado

Número de Froude	B_{CT15^o}
0.100	2.155E-04
0.238	3.819E-05
0.410	3.427E-05

4.2. Análisis de Errores de Precisión

Para la determinación de la resistencia al avance, las magnitudes registradas que muestran una variación aleatoria son la velocidad, resistencia y temperatura. Sin embargo, al corregir los valores experimentales a velocidades y temperaturas normalizadas, la única variable afectada por errores de precisión será la resistencia. Dado que se han realizado múltiples ensayos para cada velocidad,

corresponde considerar como un experimento multivariable, en función de lo cual tendremos que el índice de precisión deberá ser calculado de acuerdo a la formulación establecida en las ecuaciones 8 y 9. El criterio adoptado para desechar observaciones fuera de rango fue considerar para su eliminación aquellas medidas que superaban en $\pm 2\sigma$ el promedio [29], eliminándose tres registros para Fr = 0.28 y uno para Fr = 0.41 (marcadas en negrita). En la Tabla 9 se detallan los resultados elaborados en base a los datos experimentales:

Tabla 9 - Errores de precisión

Número de Froude	P_{CT15°
0.100	7.571E-05
0.280	9.007E-06
0.410	1.479E-05

4.3. Incertidumbres en $C_T^{15^\circ}$

La incertidumbre asociada al coeficiente de resistencia total normalizado estará dada, de acuerdo al procedimiento seguido para los restantes cálculos, utilizando la media cuadrática (root sum square) de los errores sistemáticos y de precisión (Tabla 10)

Tabla 10 – Incertidumbre Total

Número de Froude	$C_{TM}^{15^\circ}$ (E-03)	$B_{CT}^{15^\circ}$ (E-05)	$P_{CT}^{15^\circ}$ (E-05)	$U_{CTM}^{15^\circ}$ (E-05)	% $C_{TM}^{15^\circ}$
0.100	4.772	21.55	7.571	**22.94**	4.81
0.280	5.317	3.819	0.9007	**3.934**	0.74
0.410	8.115	3.427	1.479	**3.735**	0.46

5. PROPAGACIÓN DE ERRORES: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Complementariamente a la estimación de incertidumbres se planteó la necesidad de tener por un lado un procedimiento automatizado que permita la evaluación de incertidumbres en tiempo real, y por otro contar con una herramienta que permita medir la influencia que tienen los errores de las distintas variables en el valor total, generando información útil para la mejora de procesos o instrumentos (Longo y Stern, 2005).

La idea básica de este procedimiento se puede explicar a través de la descripción del complejo sistema de variables que intervienen en un ensayo experimental y que se muestra en la Fig. 2. Un primer nivel está constituido por variables completamente independientes; en este grupo podemos distinguir variables ambientales que definen el entorno del experimento, otras que determinan el marco dimensional, y finalmente aquellas que están involucradas con el ajuste del sistema de adquisición de datos y operación del sistema.

El conjunto de variables del primer nivel actúan determinando o condicionando las de nivel medio que son aquellas que han sido identificadas como responsables directas de la variación de la magnitud que se pretende medir.

Éstas últimas determinan el resultado del experimento o ensayo a través de un nivel superior o directamente en su incidencia en una ecuación de reducción, la cual es un modelo matemático desarrollado para cuantificar el fenómeno.

Esta ecuación de reducción surge normalmente de un proceso de análisis adimensional evaluado a la luz de datos experimentales. En estos casos, la determinación de incertidumbres en la medida resultante es una tarea de una alta complejidad, donde los errores asociados a la medición de las variables del nivel inicial se transmiten a las variables de registro, y la composición de incertidumbres de éstas últimas definen a través de la ecuación de reducción la incertidumbre del resultado final.

5.1. Evaluación de incertidumbres: análisis en "cascada"

La propuesta es utilizar el esquema descrito calculando los errores sistemáticos de las variables elementales o de nivel inicial, utilizando estos resultados para luego calcular los respectivos errores en las variables de registro, finalizando el proceso mediante el cálculo del error sistemático en la magnitud de control empleando los valores anteriores, todo a través de un proceso sistematizado de tal manera que una variación en algún valor inicial se refleje automáticamente en el resultado final.

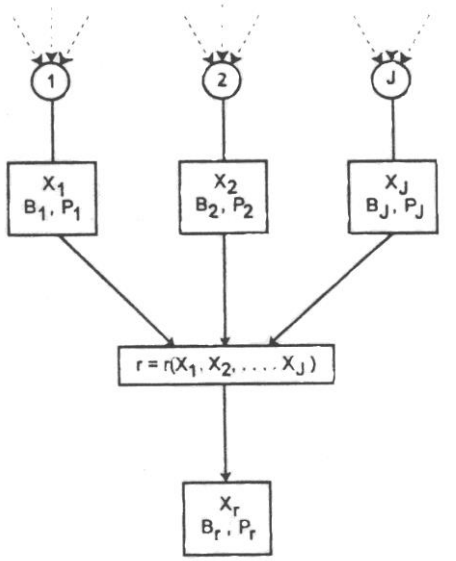


Fig. 2 – Esquema de propagación de errores

Se describe a continuación el esquema propuesto aplicado al ensayo de resistencia, comenzando desde el nivel superior. El resultado del ensayo de resistencia es el coeficiente de resistencia normalizado $C_{TM}^{15^o} = f\left(C_{TM}, C_{FM}, C_{FM}^{15^o}, k\right)$. Este coeficiente está descrito por una ecuación de reducción en función de otras variables del ensayo, que representan el fenómeno físico, siendo éste el nivel superior del análisis de "cascada". Cada una de los factores que intervienen en la ecuación anterior representa las variables del nivel medio: $C_{TM} = f_1 (R_{TM}, \rho, S_M, V_M)$, $C_{FM} = f_2 (Re)$, k (definido experimentalmente), las que dependen de las cantidades medidas o registradas: resistencia, densidad, etc. Finalmente estas últimas están determinadas por variables elementales que dependen de factores externos: del proceso de confección del modelo (L), de las condiciones ambientales, $\rho = f_3 (T)$, $\nu = f_4 (T)$, o de aspectos operativos como el sistema de adquisición de datos en el caso de R_{TM} o de la calibración del sistema de medición de velocidad V.

5.2. Análisis de sensibilidad para ensayos en el CEHINAV

Para mostrar como influye en los resultados la variación del error sistemático de una variable se ha escogido una velocidad de ensayo correspondiente al *Fr = 0.280* como referencia, incluyendo cada vez las modificaciones comparadas con los valores determinados en los ensayos.

Los valores de los errores sistemáticos de las variables seleccionadas se modifican manualmente en el programa de cálculo. Utilizando el procedimiento de análisis en cascada se fuerza esos errores en dos situaciones opuestas, duplicándolos en primer lugar y luego reduciéndolos a cero. Los resultados de estas modificaciones se muestran a continuación en las Tabla 11 a Tabla 17:

Tabla 11 - Variación del Error Sistemático en la Eslora

B_L	Fr	$C_T^{15^o}$ (E-03)	$B_{CT}^{15^o}$ (E-05)	$\%C_T^{15^o}$
0,00E-03	0,28	5,317	3,819	0,72
2,00E-03	0,28	5,317	3,819	0,72
4,00E-03	0,28	5,317	3,819	0,72

Tabla 12 - Variación del Error Sistemático en la Temperatura

B_T	Fr	$C_T^{15^o}$ (E-03)	$B_{CT}^{15^o}$ (E-05)	$\%C_T^{15^o}$
0,00E-03	0,28	5,317	3,628	0,68
2,00E-03	0,28	5,317	3,819	0,72
4,00E-03	0,28	5,317	4,344	0,82

Tabla 13 - Variación del Error Sistemático en la Pesada del Modelo

B_W	Fr	$C_T^{15^o}$ (E-03)	$B_{CT}^{15^o}$ (E-05)	$\%C_T^{15^o}$
0,00E-01	0,28	5,317	3,723	0,70
2,62E-01	0,28	5,317	3,819	0,72
5,24E-01	0,28	5,317	4,085	0,77

Tabla 14 - Variación del Error Sistemático en la Celda de Carga

B_{R1}	Fr	$C_T^{15^o}$ (E-03)	$B_{CT}^{15^o}$ (E-05)	$\%C_T^{15^o}$
0,00E-02	0,28	5,317	2,977	0,56
3,85E-02	0,28	5,317	3,819	0,72
7,70E-02	0,28	5,317	5,635	1,06

Tabla 15 - Variación del Error Sistemático en la conversión Analógico – Digital del Adquisidor de Datos

B_L	Fr	$C_T^{15^o}$ (E-03)	$B_{CT}^{15^o}$ (E-05)	$\%C_T^{15^o}$
0,00E-02	0,28	5,317	3,603	0,68
2,04E-02	0,28	5,317	3,819	0,72
4,08E-02	0,28	5,317	4,406	0,83

En la Tabla 16 se muestran la aplicación del procedimiento descrito anteriormente para el caso en que simultáneamente se modifican dos parámetros para ver la influencia en conjunto:

Tabla 16 - Variación simultánea Celda de Carga / Adquisidor de Datos

B_{R2}	Fr	$C_T^{15^o}$ (E-03)	$B_{CT}^{15^o}$ (E-05)	$\%C_T^{15^o}$
NULO	0,28	5,317	2,694	0,51
COMBINADO	0,28	5,317	3,819	0,72
DOBLE	0,28	5,317	6,048	1,14

Tabla 17 - Variación del Error Sistemático en la Velocidad

B_V	Fr	C_T 15° (E-03)	B_{CT} 15° (E-05)	$\%C_T$ 15°
0,00E-03	0,28	5,317	3,106	0,69
1.55E-03	0,28	5,317	3,819	0,72
3,10E-03	0,28	5,317	4,253	0,80

Analizando los datos presentados para las variaciones de errores sistemáticos y su incidencia en la incertidumbre total se puede establecer que la combinación de dos factores, la celda de carga y el adquisidor de datos, supone el factor más importante tener en cuenta en vistas a la limitación de la incertidumbre. Por su lado la variación del error en la temperatura, pesada del modelo y velocidad inciden en forma poco significativa, mientras que la variación en el error cometido en la determinación de la eslora es insignificante.

6. CONCLUSIONES

Fue presentada la evaluación de incertidumbres asociadas al coeficiente de resistencia en el ensayo de resistencia al avance para una instalación experimental involucrada en un ejercicio de intercomparación a nivel internacional. Se incluyeron aspectos básicos de las teorías y procedimientos involucrados en dicho cálculo.

Este trabajo pretende la difusión de las prácticas involucradas en la Acreditación de laboratorios experimentales e impulsar a los Canales de Prueba que no participan en instancias como la ITTC a incluirlas dentro de sus procedimientos.

Por otro lado se muestra la importancia que tiene para el operador la identificación de los errores sistemáticos, incluyendo las bases de un procedimiento automatizado que se ha denominado "análisis en cascada", transformándose en una herramienta que no sólo permite determinar en tiempo real las incertidumbres asociadas para cada ensayo en particular, sino como un medio objetivo de identificación de los elementos de mayor debilidad del procedimiento o de la instalación para poder actuar sobre ellos y mejorar el sistema de medidas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Todd, F. H.; "Resistance and propulsion"; Principles of Naval Architecture; 1967

2. ITTC. 9th International Towing Tank Conference; "Proceedings; Decisions and Considerations" 725; Paris, Francia; 1960

3. ITTC. 17th International Towing Tank Conference; "Proceedings" 79 - 88; Gotenburgo, Suecia; 1984

4. ITTC. 18th International Towing Tank Conference; "Proceedings" 311 - 316; Kobe, Japón; 1987

5. ITTC. 19th International Towing Tank Conference; "Proceedings V1." 578 - 603; Madrid, España; 1990

6. ITTC. 20th International Towing Tank Conference; "Proceedings V1." 79 - 103; San Francisco, USA; 1993

7. ITTC. 21th International Towing Tank Conference; "Proceedings V1." 315 - 337; Trondheim, Noruega; 1996

8. ITTC. 22th International Towing Tank Conference; "Resistance Committee: Final Report and Recommendations to the 22nd ITTC"; Seul, Japón; 1999

9. ITTC. 22th International Towing Tank Conference; "Sample Quality Manual"; Seul, Japón; 1999

10. ITTC 22nd. International Towing Tank Conference, "Resistance Committee Report", ITTC, 1999, Seoul, Corea

11. ITTC; QM Recommended Procedures "Performance, Propulsion; 1978 ITTC Performance Prediction Method"; 1999

12. ITTC. 23th International Towing Tank Conference; "Proceedings; Resistance Committee: Final Report and Recommendations" 17 - 87; Venecia, Italia; 2002

13. ITTC; QM Recommended Procedures "Testing and Extrapolation Methods; Resistance; Resistance Test"; 2002

14. ITTC; QM Recommended Procedures; "Resistance Uncertainty Analysis, Example for Resistance Test"; 2002

15. ITTC. 24th International Towing Tank Conference; "Proceedings V1." 313 - 321; Edimburgo, Inglaterra; 2005

16. ITTC. 24th International Towing Tank Conference; "ITTC Worldwide Series for Identifying Facility Biases"; Edimburgo, Inglaterra; 2005

17. International Organization for Standarization; ISO/IEC PRF Guide 99 "International vocabulary of basic and general terms in metrology" (VIM); 1999

18. International Organization for Standarization; ISO 3534 – 1 "Statistics – Vocabulary and symbols"; 2006

19. International Organization for Standarization; ISO/TAG 4/WG3 : 1992; "Guide to the Expresion of Uncertainty in Measurement"; 1992

20. American Institute of Aeronautics and Astronautics; AIAA S-071 Standard; "Assessment of Wind Tunnel Data Uncertainty"; 1999

21. Schmid, W. A.; Lazos, R. J.; "Guía para estimar la incertidumbre de la medición"; CENAM, El Marquez, Qro., México; 2000

22. Coleman, H. W.; Steele, W. G.; "Experimentation and Uncertainty Analysis for Engineers"; John Wiley & Sons, Inc., New York, NY.; 1999

23. Longo, J.; Stern, F.; "Uncertainty Assessment for Towing Tank Tests with example for Surface Combatant DTMB model 5415"; Journal of Ship Research, Vol. 49, No. 1; Marzo 2005

24. CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas) - Ministerio de Fomento (http://www.cedex.es/)

25. ENAC; "Acreditación, una herramienta al servicio de la Administración y de la sociedad"; información

institucional; Entidad Nacional de Acreditación (http://www.enac.es/)

26. ENAC; "La Entidad Nacional de Acreditación"; información institucional; Entidad Nacional de Acreditación (http://www.enac.es/)

27. ENAC; "Laboratorios Acreditados: la necesidad de estar seguro"; información institucional; Entidad Nacional de Acreditación (http://www. enac.es/)

28. López González, L. A.; Perez Rojas, L; "Estimación de la incertidumbre en la medida del hundimiento y trimado del modelo Serie 60"; Universidad Politécnica de Madrid, ETSIN; Madrid, España; Octubre 2002.

29. Cernuschi, F.; Greco, F. I.; "Teoría de errores de mediciones"; Editorial Universitaria de Buenos Aires; Buenos Aires, Argentina; Junio 1974.

30. Proyecto Bajel: Informe de los ensayos de resistencia realizados con el modelo de la carena del buque "Serie 60". Estudios de Incertidumbre; Departamento de Arquitectura y Construcciones Navales, Canal de Ensayos Hidrodinámicos, ETSIN; Noviembre 2000.

ANALISIS DE BAJANTES EN PUERTO QUEQUEN

Mónica Fiore[1,3], Enrique D'Onofrio[1,2], Fabio Herrero[4], Mónica Stadelmann[1] y María M. Sobre-Casas[1]
(1) Servicio de Hidrografía Naval
(2) Instituto de Geodesia y Geofísica Aplicadas– FIUBA
(3) Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos – FCEN –UBA
(4) Consorcio Gestión Puerto Quequén

RESUMEN

Puerto Quequén ubicado en la desembocadura del río Quequén Grande a 38° 32' 05''S, 58° 42'00''W sobre el Atlántico Sur, posee un tráfico anual de aproximadamente 290 buques y constituye una importante puerta de egreso de cereales y oleaginosas. Por sus características es unos de los puertos nacionales en el que más rápido pueden ingresar o salir buques de más de 200 m de eslora. El canal de acceso posee una solera de 120 m de ancho y una profundidad de 46 pies en la zona exterior no protegida. Dada las características de Puerto Quequén, no se observan dificultades para el ingreso de buques, sin embargo para el egreso es necesario en numerosas oportunidades operar teniendo en cuenta el estado de la marea, pues aumenta el calado de los buques debido a la carga que transportan. Puerto Quequén posee un régimen de marea mixto preponderantemente semidiurno con una amplitud astronómica máxima de 1.86 m. La bajamar astronómica más baja en 19 años pasa a 0.98 m por debajo del nivel medio, mientras que la .pleamar astronómica más alta en 19 años es 2.10 m. La marea astronómica se ve afectada significativamente por el efecto meteorológico, produciendo alturas que difieren de aquellas predichas en las Tablas de Marea. A la diferencia entre la marea observada y la predicha se la denomina onda de tormenta. En este trabajo se calculan las ondas de tormenta negativas, causantes de las más grandes bajantes, para lo cual se analizan registros horarios de marea observada durante el período 1979 – 2007. Con los resultados obtenidos se efectúa un análisis estadístico de frecuencia, intensidad y duración de las mismas en forma mensual y estacional, para establecer cual es la época del año más favorable para la operación del puerto. Se realizan estudios de permanencia mensuales y diarios de las alturas de marea con la finalidad de analizar los egresos de buques que necesiten un calado mayor o igual a 38 pies. Finalmente se calculan los períodos de retorno para 10, 20 50 y 100 años para los valores extremos más bajos de marea observados.

INTRODUCCION

Puerto Quequén, considerado entre los principales puertos marítimos de la argentina esta ubicado a 38° 32' 05''S, 58° 42'00''W sobre el Océano Atlántico en la desembocadura del río Quequen Grande. Este puerto localizado en el Sudeste de la Provincia de Buenos Aires, cuenta dentro de su área de influencia con la zona cerealera más rica de la pampa húmeda. Luego es una importante vía de salida para las exportaciones cerealeras y sus subproductos. Durante el año 2008, las exportaciones en Puerto Quequén alcanzaron las 3.885.210 toneladas correspondiendo a granos, 3.202.924 toneladas, subproductos 424.796 toneladas y aceites 257.490 toneladas (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, www.sagpya.mecon.gov.ar).

Por sus características es unos de los puertos nacionales en el que más rápido pueden ingresar o salir buques de más de 200 m de eslora. El canal de acceso posee una solera de 120 m de ancho y una profundidad 46 pies en la zona exterior no protegida. El antepuerto, lugar en el cual se realizan las maniobras de giro de buques posee una profundidad de 40 pies (Consorcio de gestión Puerto Quequén, www.puertoquequen.com).

Dada las características naturales de Puerto Quequén, la mayoría de los buques entrantes no presentan dificultades al momento de su ingreso, sin embargo su egreso puede verse afectado por el aumento del calado debido a su carga. En estos casos el conocimiento anticipado del nivel del agua permite planificar una maniobra con un margen de seguridad mayor. Un factor que aumenta o disminuye la profundidad de acceso es el nivel de marea que en algunos casos puede llegar a ser crítico.

Puerto Quequén posee un régimen de marea mixto preponderantemente semidiurno con una amplitud de marea astronómica media de 1.03 m y una máxima de 1.85 m (SHN, 2009). La marea astronómica o predicha se ve afectada por la acción meteorológica que hace que esta altura difiera ya sea incrementando su valor o disminuyéndolo hasta más de 1m. A esta anomalía del nivel del agua se la conoce como onda de tormenta. Las más importantes, por lo general, ocurren en regiones relativamente poco profundas, cuando el viento sopla durante varios días y sobre superficies extensas (Balay, 1961; Pugh, 1996). Por ejemplo D'onofrio et al. (2008) muestran que el 10 de Noviembre de 2002 el Puerto de Buenos Aires fue afectado por la acción de fuertes vientos de sector Oeste con ráfagas de 80 km/h que produjeron una bajamar (-2.66 m por debajo del Cero del Riachuelo) que

ocasionó la varadura de numerosos barcos y la falta de agua potable a 7 barrios de la Ciudad.

Si bien Puerto Quequén es una zona de características geomorfológicos diferentes a la del Río de la Plata y posee una profundidad mayor, la acción meteorológica también lo afecta tanto con la generación de ondas de tormenta como de olas. Lanfredi *et al*. (1992) determinaron que la altura media de ola en Puerto Quequén es de 1.33 m, mientras que la altura máxima de ola es 3.61 m con periodos variando entre 7 y 10 segundos. Actualmente existen dos causas por las cuales el puerto cierra, la altura de ola y los fuertes vientos. Aunque se han registrado los egresos de buques de 220 m de eslora con sus bodegas totalmente cargadas zarpando con calados de alrededor de 42 pies con buen tiempo y en pleamar, es de gran utilidad para la operativa del Puerto contar con un estudio estadístico de marea ya que podría contribuir a la operatoria rápida del puerto y por lo tanto a una estadía media menor.

En este trabajo se calculan la bajamar astronómica más baja (Lowest Astronomical Tide, LAT) y la pleamar astronómica más alta (Highets Astronomical Tide, HAT), dos parámetros relevantes para el diseño de la infraestructura de puertos como ser amarras, grúas, cableados, etc. El LAT es utilizado en muchos casos como el nivel de reducción de sondajes ya que elimina los valores negativos de las Tablas de Marea. El HAT es utilizado como el Datum para espacios verticales, es decir se emplea para calcular la altura máxima que puede alcanzar la parte más alta de un buque exclusivamente afectado por marea astronómica. También es considerado en el planeamiento costero como el lugar más bajo para la línea de costa o ribera (Schnack et al., 2007).

Por otra parte utilizando como información de base alturas horarias registradas en el mareógrafo de Puerto Quequén (Figura 1) para el periodo 1979 - 2006 con algunas interrupciones, se realiza un análisis estadístico de frecuencia, intensidad y duración de las ondas de tormenta negativas en forma mensual y estacional, para establecer la época más favorable del año para la operación del puerto. Se realizan estudios de permanencias mensuales y diarias de las alturas de marea que podrán ser utilizados para analizar los egresos de buques que necesiten un calado mayor o igual a 38 pies. Finalmente se calculan los períodos de retorno para 10, 20, 50 y 100 años para los valores extremos más bajos del nivel del agua observados. Estos resultados son indispensables al momento de planificar obras de infraestructura dentro del puerto.



Figura 1. Puerto Quequén. (www.nuestromar.org/puertos)

MAREA ASTRONOMICA

La marea se define como la oscilación periódica del nivel del mar que resulta de la atracción gravitacional de la Luna y el Sol que actúa sobre la Tierra en rotación. Esta definición corresponde a lo que se conoce como "marea astronómica o predicha". Su carácter determinístico permite su predicción y la confección de Tablas de Marea (predicciones de pleamares y bajamares). El conocimiento de la marea astronómica es de fundamental importancia para la seguridad en la navegación, para la confección de cartas náuticas y la planificación del manejo de recursos y actividades costeras.

Para calcular el LAT y HAT, se realiza una predicción armónica de marea para un período de 19 años, representativo de los mayores ciclos de la marea (Pugh, 1996), y se determinan la menor y la mayor altura respectivamente. En este trabajo se utiliza la siguiente ecuación de predicción (Shureman, 1988):

$$h(t)=S_0+\sum_{i=1}^{n} f_i \times H_i \times \cos(\sigma_i \times t+(V_0+u)_i - g_i)$$

donde :

h(t): altura de marea astronómica al tiempo t

S_o: nivel medio del mar referido al cero de marea

n: número de componentes

f_i: factor nodal de la componente i

H_i: amplitud de la componente i

σ_i: velocidad angular de la componente i

t: tiempo medido desde el instante elegido para calcular el argumento de equilibrio

$(V_o+u)_i$: argumento de equilibrio de la componente i

g_i: época modificada de la componente i teniendo en cuenta el huso horario

Las constantes armónicas (H_i y g_i) utilizadas se obtienen de la base de datos empleada para realizar las predicciones de marea presentadas en la Publicación H-610 Tablas de Marea, del Servicio de Hidrografía Naval. Al igual que en toda la costa argentina, la componente más sigificativa es la semidiurna lunar principal M2 cuya amplitud es 0.48 m siguiéndole en importancia la componente lunisolar declinacional diurna K1 con una amplitud de 0.16 m. El factor nodal, las velocidades angulares y argumentos de equilibrio se calculan siguiendo la metodología establecida por Schureman (1988), teniendo en cuenta las sugerencias de Cartwright (1985) con respecto a las nuevas escalas de tiempo. El LAT obtenido pasa a 0.98 m por debajo del nivel medio y coincide con el plano de reducción de la carta argentina H-253 mientras que el valor obtenido para el HAT es 2.10 m referido al mismo cero.

ANALISIS DE LAS ONDAS DE TORMENTA

Las ondas de tormenta son las modificaciones del nivel del agua producidas por cambios bruscos de presión atmosférica y efecto de arrastre del viento, que alteran a la marea astronómica. Su duración puede variar desde algunas horas hasta 2 ó 3 días produciendo, en ocasiones, alturas que difieren en más de un metro con las de la marea astronómica. Difícilmente dos ondas de tormenta sean exactamente iguales ya que pequeñas variaciones en los patrones climáticos pueden producir respuestas bastante diferentes en una masa de agua, en especial en sitios donde exista una tendencia a oscilaciones o resonancias propias del lugar (Pugh, 1996). La mayoría de los trabajos realizados para la costa de la provincia de Buenos Aires están abocados al estudio de las ondas de tormenta positivas (Fiore et al., 2001, D'Onofrio et al., 2003, Escobar et al., 2004, Nabel et al., 2004), probablemente porque son la principal causa de las inundaciones y la erosión costera. Sin embargo, las ondas de tormenta negativas, dan origen a las bajantes que en numerosas ocasiones tienen un impacto significativo en la navegación o como en el caso del Puerto de Buenos Aires que afecta también el normal abastecimiento de agua potable.

En este trabajo se analizan las ondas de tormenta negativas, las que se obtienen como la diferencia entre las alturas horarias observadas y sus correspondientes alturas astronómicas o predichas. Las alturas horarias provienen de la base de datos de la Sección Mareas del

Servicio de Hidrografía Naval y fueron registradas en el mareógrafo de Puerto Quequén durante el período 1979 – 2006. Lamentablemente por fallas en el equipo de medición no se contó con datos para los años 1986 y 1987. Las predicciones fueron realizadas al igual que para el cálculo del LAT y el HAT utilizando la base de constantes armónicas empleada para realizar las predicciones de marea presentadas en la Publicación H-610 Tablas de Marea, del Servicio de Hidrografía Naval.

Para seleccionar las principales ondas de tormenta negativas se decidió considerar los eventos caracterizados por una duración mayor de 6 h, donde en ningún caso la altura de la onda de tormenta sea mayor a -30 cm y donde la altura máxima alcanzada resulte menor o igual a -90 cm. Este último valor fue elegido porque con una altura de marea astronómica próxima al nivel medio del agua (98 cm), afectada por una onda de tormenta de -90 cm, sería inferior a los 10 cm, ocasionando dificultades en la navegación. La Figura 2 muestra la mayor onda de tormenta negativa (-176 cm, 3/6/2004 18:00 h) registrada en Puerto Quequén durante el período 1979 – 2006. La altura de marea observada para ese instante fue de 2 cm. La carta sinóptica (campo de presión a nivel del mar, 3-5 Junio, 2004) obtenida de los reanálisis del National Centre for Environmental Prediction con una resolución horizontal de 2.5º NCEP/NCAR se muestra en la Figura 3. Se observa un centro de alta presión a la entrada del Río de la Plata indicando la presencia de vientos del Nor-Noroeste que empujan el agua hacia la plataforma continental a la altura de Puerto Quequén. En esta oportunidad se registraron en Mar del Plata vientos de 23 km/h a partir del medio día, llegando a 57 km/h a la altura de Bahía Blanca. Cabe destacar que la menor altura observada podría haber sido mucho más baja si hubiera ocurrido durante una bajamar y no en una pleamar como en este caso.

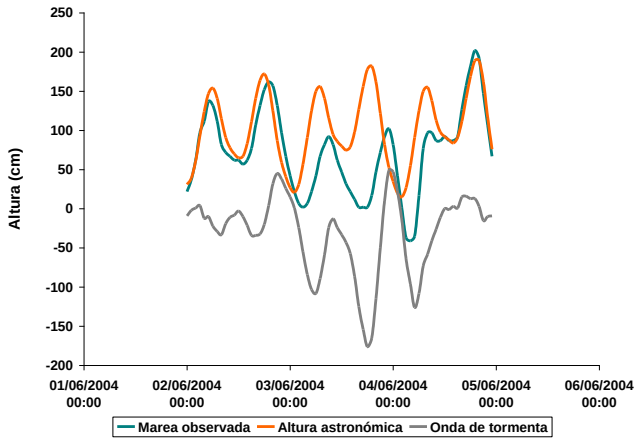


Figura 2. Evento de onda de tormenta ocurrido en Junio de 2004

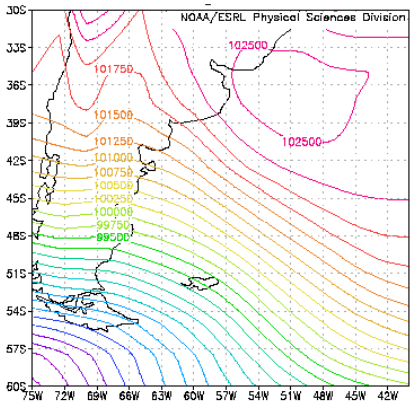


Figura 3. Campo de presión a nivel del mar, 3-5 Junio, 2004. Contornos en Pascales. Fuente: NCEP/NCAR (www.cdc.noaa.gov)

Durante el período considerado se registraron 82 eventos de ondas de tormenta negativas menores o iguales a -90 cm. La Figura 4 muestra la frecuencia de ocurrencia en forma mensual y estacional de las ondas de tormenta negativas para el período 1979 -2006.

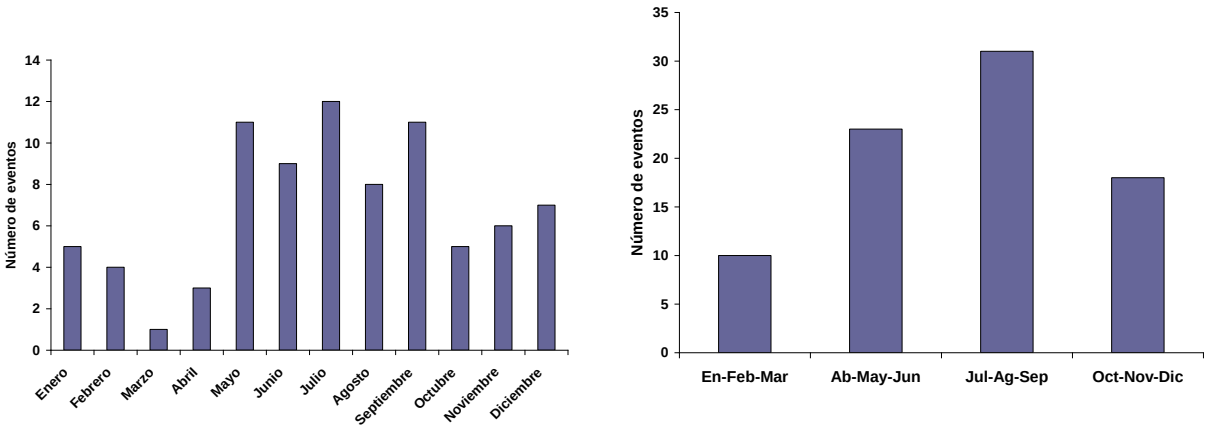


Figura 4. Frecuencia mensual y estacional de las ondas de tormenta negativas.

Los trimestres más afectados por las ondas de tormenta negativas corresponden al otoño y al invierno, es decir que será la época del año en la que la actividad portuaria se verá más perjudicada por las condiciones meteorológicas. Las Figuras 5 y 6 muestran la duración media y la altura media de la onda de tormenta en forma mensual respectivamente. Marzo es el mes en que las ondas de tormenta negativas tienen mayor duración (68 h), sin embargo las mayores intensidades se observan en los meses de Mayo y Junio con alturas de -118 cm y -120 cm respectivamente. Al efectuar el análisis estacional (Tabla 1) se observa que el trimestre en el cual las ondas de tormenta negativas tienen menor duración es el correspondiente a los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre, y las menores alturas medias se registran en otoño.

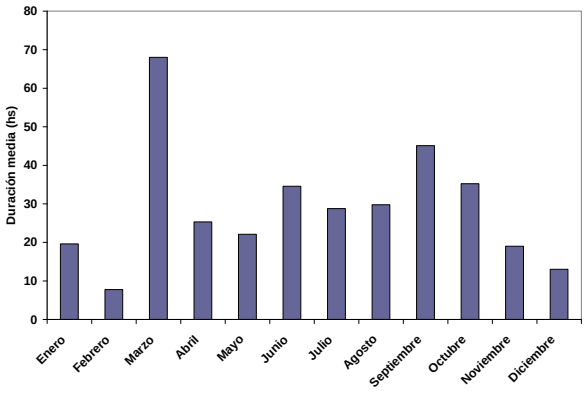


Figura 5. Duración media de la onda de tormenta negativa para el período 1979-2006

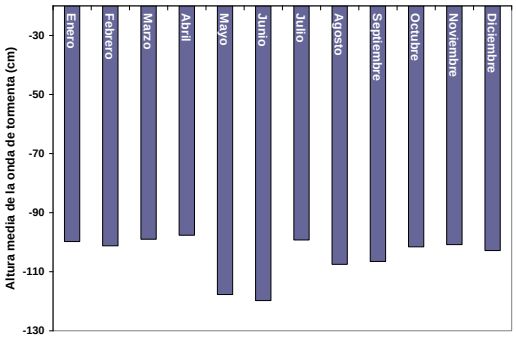


Figura 6. Altura media de la onda de tormenta negativa para el período 1979-2006

Trimestre	Duración media (h)	Altura media (cm)
Enero – Febrero – Marzo	32	-100
Abril – Mayo – Junio	27	-112
Julio – Agosto – Septiembre	35	-104
Octubre – Noviembre - Diciembre	22	-102

Tabla 1. Duración media e intensidad de las ondas de tormenta

ANALISIS DE BAJANTES

Se realizan estudios de permanencia mensuales y diarios de las alturas de marea observadas con la finalidad de analizar los egresos de buques de gran porte que necesiten de la marea. Para estimar los niveles de permanencia de las alturas horarias de marea observada en los distintos meses del año se realizan histogramas de frecuencias porcentuales con las 12 series de alturas horarias correspondientes cada una a la unión de archivos del mismo mes calendario, para todo el período considerado (1979 – 2006). La Tabla 2 brinda la estimación de los niveles de permanencia de las alturas horarias observadas para cada mes del año.

Intervalo	**Mese**											

(cm)	s											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-100 a -80	-----	-----	-----	-----	-----	0.01	-----	-----	-----	-----	-----	-----
-80 a -60	-----	-----	-----	-----	-----	0.02	0.02	0.01	-----	-----	-----	-----
-60 a -40	-----	-----	-----	-----	0.03	0.08	0.13	0.02	0.08	0.02	0.01	-----
-40 a -20	0.01	0.02	0.03	0.03	0.13	0.35	0.37	0.31	0.34	0.10	0.06	0.04
-20 a 0	0.31	0.23	0.26	0.25	0.53	0.93	1.34	1.31	1.41	0.62	0.44	0.53
0 a 20	1.76	1.77	1.74	1.80	2.71	2.50	3.32	3.12	4.05	2.85	2.35	2.09
20 a 40	5.50	5.67	5.36	5.25	6.33	5.92	6.89	7.65	8.02	7.39	6.81	6.08
40 a 60	10.45	11.08	10.42	10.23	10.55	9.49	10.99	12.38	13.17	12.82	11.70	11.11
60 a 80	13.98	14.20	14.64	14.24	13.99	13.17	13.31	14.69	15.60	15.62	14.89	14.54
80 a 100	14.57	14.17	14.57	13.76	14.52	14.33	14.38	14.71	13.96	14.47	14.94	15.37
100 a 120	15.26	14.52	14.45	14.68	15.22	14.51	14.44	14.47	13.37	14.65	14.72	15.16
120 a 140	13.46	13.04	12.72	13.20	12.73	12.61	11.77	11.59	11.79	12.17	12.78	13.17
140 a 160	10.54	10.63	11.18	11.21	10.23	10.84	9.28	8.71	8.63	9.58	10.03	10.47
160 a 180	7.74	7.91	7.88	7.84	7.12	7.42	6.56	5.80	5.47	5.94	6.75	6.76
180 a 200	3.98	4.04	3.91	3.88	3.74	4.02	3.81	3.20	2.52	2.38	3.00	3.09
200 a 220	1.66	1.70	1.76	2.20	1.47	2.24	2.09	1.38	1.08	0.91	1.09	1.16
220 a 240	0.64	0.69	0.82	0.82	0.56	1.03	0.83	0.43	0.39	0.37	0.37	0.33
240 a 260	0.11	0.23	0.20	0.26	0.09	0.34	0.29	0.15	0.07	0.05	0.04	0.07
260 a 280	0.02	0.07	0.02	0.23	0.03	0.14	0.14	0.07	0.04	0.02	0.01	0.03
280 a 300	0.01	0.02	0.02	0.09	0.02	0.05	0.06	0.01	0.01	0.02	-----	-----
300 a 320	-----	0.01	-----	0.03	-----	0.01	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Tabla 2. Porcentaje de horas en que la altura horaria está comprendida dentro del rango señalado en la primera columna (la línea roja separa los intervalos positivos de los negativos)

La Tabla 3 brinda la permanencia diaria de la altura del agua por encima de los 30 cm para el período 1979 - 2006. Puede observarse que alturas entre 30 cm y 150 cm serán alcanzadas durante varias horas del día para todo el período analizado, comprendidas en el rango 23 h a 4 h. A partir de 180 cm la permanencia es menor reduciéndose a medida que este nivel aumenta. Se observa también que alturas por encima de los 270 cm no son frecuentes habiendo años completos en los que no se llegan a registrar.

Años	Horas del día en que el nivel está por encima de:									
	30cm	60cm	90cm	120cm	150cm	180cm	210cm	240cm	270cm	300cm
1979	22.5	18.8	13.4	8.3	4.3	3.0	1.7	1.2	3.0	1.0
1980	22.6	19.0	13.8	8.9	4.9	2.8	2.4	2.1	1.0	----
1981	22.6	18.9	13.4	8.2	4.0	2.0	1.5	0.4	----	----
1982	22.5	19.0	13.9	8.7	4.5	2.3	1.7	0.9	0.3	----
1983	22.2	18.4	13.0	8.0	4.0	2.1	1.9	0.6	----	----
1984	22.6	19.5	14.7	9.8	5.3	3.0	1.9	0.9	----	----
1985	22.8	20.4	15.8	10.7	6.1	3.4	1.6	0.7	----	----
1988	22.3	18.8	14.0	8.7	4.7	2.7	1.7	2.4	1.3	----

1989	22.5	18.5	13.1	7.8	4.0	1.9	1.9	1.7	3.5	1.0
1990	22.4	18.5	13.5	8.4	4.5	2.4	1.9	1.2	----	----
1991	23.0	18.3	12.9	7.9	4.3	2.3	2.3	1.4	0.3	----
1992	22.1	18.2	13.0	8.0	4.1	2.0	1.8	1.6	----	----
1993	22.2	18.4	13.0	8.0	4.0	2.1	1.9	0.6	----	----
1994	22.9	19.4	14.2	9.2	5.0	2.7	2.3	2.2	1.3	----
1995	23.1	19.9	14.9	9.8	5.6	3.0	2.4	2.2	1.4	----
1996	23.0	19.8	14.5	9.1	4.8	2.5	1.5	2.1	5.0	----
1997	23.0	20.0	15.0	10.1	5.6	2.9	2.1	2.1	2.4	2.0
1998	22.9	19.5	13.9	8.5	4.5	2.1	1.7	1.2	1.0	----
1999	22.4	18.5	13.0	8.0	4.3	2.4	1.4	1.5	0.7	----
2000	22.5	18.5	13.0	7.8	4.0	2.2	1.5	0.8	0.5	----
2001	21.6	17.0	11.3	6.5	3.4	2.0	1.3	0.4	----	----
2002	22.6	19.0	13.6	8.4	4.5	2.2	1.6	0.7	1.0	----
2003	22.8	19.6	14.9	9.8	5.7	3.1	2.3	1.5	1.3	----
2004	22.4	18.9	13.9	8.5	4.8	2.4	2.1	1.4	1.3	----
2005	22.7	19.5	14.8	9.4	5.1	2.5	1.8	0.6	----	----
2006	22.1	18.6	13.6	8.4	4.6	2.5	1.9	0.8	2.0	----

Tabla 3.Horas del día en que la altura del agua está por encima de diferentes niveles

BAJANTES EXTREMAS. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE MÁXIMA ANUAL

La Figura 7 muestra los valores extremos más bajos anuales en función del tiempo para el período 1953-2006 que serán utilizados para estimar niveles para distintos períodos de retorno. Durante este período debido a fallas en el mareógrafo no se contó con datos para los años 1960, 1986 y 1987 por lo que estos años fueron completados con datos correspondientes a la estación mareográfica Mar del Plata siguiendo el procedimiento indicado por D'Onofrio et al., (1999). Todas las alturas están referidas al plano de reducción que pasa a 0.98 m por debajo del nivel medio. La bajamar más baja (-1.28 m) se registró en Agosto de 1959.

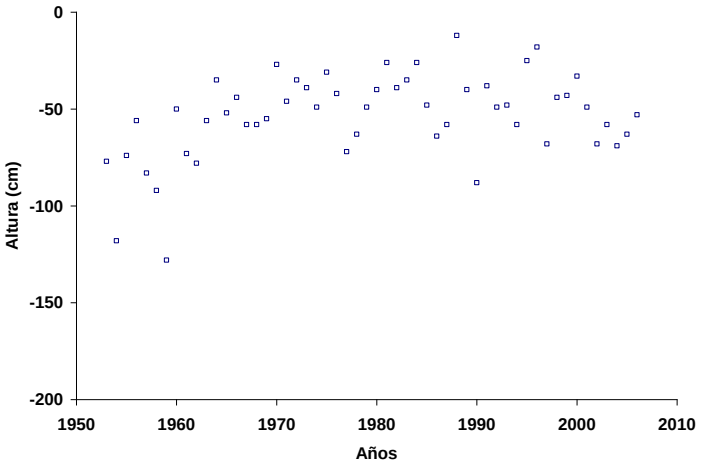


Figura 7. Bajamares más bajas anuales

Se utiliza el Método de Máxima Anual (MMA) que analizan al valor extremo como una única observación de características aleatorias. Este es un método clásico que ha sido utilizado por diversos autores como por ejemplo Lennon (1963), Suthons (1963), Graff (1981), D'Onofrio (2003). Normalmente se considera que la aplicación de este método es valida si la serie tiene un mínimo de 25 años (Pugh, 1996). La serie de bajamares más bajas anuales tiene una tendencia lineal de 0.52 ± 0.17 cm/año para el período 1953 – 2006. Previo a la aplicación del mencionado método, se elimina la tendencia presente en la serie siguiendo la metodología sugerida por (Graff, 1981). Partiendo de la distribución de valores extremos, propuesta por Jenkinson (1955), conocida como Generalized Extreme Value Distribution (GEV), se tiene:

$$F(x)= e^{-\left[1-k\frac{x-u}{a}\right]^{1/k}}$$

donde k, u y a son parámetros que deben ser determinados. Los tres casos limitantes son: para k = 0, le corresponde la distribución Gumbel (o Fisher y Tippet Tipo I), para k < 0 le corresponde Fisher y Tppet Tipo II y para k > 0 Fisher y Tippet Tipo III. El mejor ajuste obtenido por el método de maxima verosimilitud (k=0.086), para el conjunto de datos utilizados indica que Fisher-Tippet Type I es la distribución más adecuada. El error estándar para un nivel de confianza del 95% se obtiene aplicando el método de los momentos presentado por Kite (1978). La Tabla 3 presenta las alturas extremas mínimas esperadas para períodos de retorno de 10, 20, 50 y 100 años, con sus correspondientes errores estándar.

PERIODO DE RETORNO (años)	ALTURA MINIMA (m)	ERROR ESTANDAR (m)
10	**-0.70**	**0.07**
20	**-0.82**	**0.07**
50	**-0.99**	**0.07**
100	**-1.10**	**0.08**

Tabla 3. Altura mínima para diferentes períodos de retorno

DISCUSION Y CONCLUSIONES

El análisis realizado muestra que las ondas de tormenta negativas tienen mayor frecuencia de ocurrencia en los trimestres correspondientes a otoño e invierno. Marzo es el mes en el que se presenta la mayor duración (68 h), sin embargo las mayores intensidades se observan en los meses de Mayo y Junio con alturas de -118 cm y -120 cm respectivamente. Del análisis estacional se desprende que los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre registran las ondas de tormenta negativas con menor duración media, mientras que las mayores intensidades medias se observan en otoño.

Si bien la marea astronómica y las ondas de tormenta responden a fenómenos físicos distintos como ser la atracción gravitatoria lunisolar y el efecto del viento respectivamente, es útil examinar el efecto conjunto de ambas. De este análisis surge que en todos los meses del año se observan alturas negativas que llegan a los -40 cm, observándose valores menores sólo en el período Mayo – Noviembre. Si bien la ocurrencia de alturas negativas es baja las mayores frecuencias se presentan en los meses de Julio, Agosto y Septiembre. Al analizar la permanencia diaria, es decir el número de horas promedio por año en que el nivel del agua supera una dada cota, se observa que niveles que varían desde los 30 cm hasta los 150 cm se registran durante más de tres horas por día. A partir de este valor la permanencia disminuye llegando a tener años en los que nunca se alcanza la altura de 270 cm.

Finalmente con el objeto de brindar una herramienta útil al momento de planificar obras de infraestructura dentro del puerto, se determinaron los períodos de retorno para las alturas más bajas anuales. Se detectó una tendencia positiva de las mismas (0.52 ± 0.17 cm/año) posiblemente debida al incremento del nivel del mar y a variaciones en los patrones meteorológicos. Pugh and Maul (1999), D'Onofrio et al. (2003) encontraron tendencias positivas del nivel medio del mar para la costa Argentina. Para Puerto Quequén, Lanfredi et al., (1998) obtuvieron una tendencia positiva de 0.16 ± 0.01 cm/año para el período 1918 – 1981. Esto indicaría que las alturas más bajas tenderán a ser cada vez menos bajas debido a que hay mayor nivel de agua. Por otra parte podría también desprenderse de este análisis que las ondas de tormenta positivas, las cuales no han sido estudiadas en este trabajo, también son afectadas por el ascenso del nivel medio. Debido a esto deben tenerse en cuenta en el momento de diseño y planificación de obras portuarias, ya que sirven de plataforma a las olas que pueden causar severos daños en las playas y construcciones costeras.

REFERENCIAS

Balay, M. A., 1961. El Río de la Plata entre la atmósfera y el mar. Servicio de Hidrografía Naval, Armada Argentina, H-621, 166p.

Cartwright, D. E.,1985. Tidal prediction and modern time scales. Int. Hydrog. Rev. Mónaco, LXII (1). January 1985, 127-138.

D'Onofrio E.E., Fiore M.E. and Pousa J.L., 2008. Changes in the regime of storm surges in Buenos Aires, Argentina. Journal of Coastal Research 24,1A, 260-265.

D'Onofrio E.E., Fiore M.M.E. 2003. Estimación de niveles extremos en el Puerto de Buenos Aires contemplando el ascenso del nivel medio. V Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar. Mar del Plata, Argentina. Diciembre 2003. Poster.

D'Onofrio E., Fiore M., Mayer F., Perdomo R. y Ramos R., 1999. La referencia vertical. Capítulo 6 del libro Contribuciones a la geodesia en la Argentina de fines del siglo XX. Publicado por la Universidad Nacional de Rosario. 99-128 p.

Escobar G., Vargas W., and Bischoff S. 2004. Wind Tides in the Rio de la Plata Estuary: Meteorological Conditions. International Journal of Climatology 24: 1159-1169.

Fiore M.M.E., D'Onofrio E.E., Di Biase F.A.V., and Stadelmann M.A., 2001. Statistical analysis of storm surges in Buenos Aires. 2001 Join Assemblies of the International Association for the Physical Sciences of the Oceans and International Association for Biological Oceanography. Mar del Plata, Argentina, October 2001. Poster.

Graff, J., 1981. An investigation of the frequency distributions of annual sea level maxima at ports around Great Britain. Estuarie, Coastal and Shelf Science, 18, 389-449.

Kite, G.W., 1978. Frequency and risk analyses in hydrology. Water Resources Publications. 224pp.

Lanfredi, N.W., Pousa, J.L., and D'Onofrio, E.E., 1998. Sea-level rise and related potential hazards on the Argentine coast. Journal of Coastal Research 14(1), 47-60.

Lanfredi, N.W., Pousa J.L., Mazio C.A. y Dragani W.C., 1992. Wave-power potential along the coast of the province of Buenos Aires. Argentina. Energy 17 (11): 997-1006

Lennon, G.W., 1963. A frequency investigation of abnormally high tidal levels at certain west ports. Proc. Instn. Civ. Engrs., 25, 451-484.

Nabel P.E., Caretti M.. 2004: Anegamiento en la Ciudad de Buenos Aires. Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat n.s. 6(2): 209-225

Pugh, D.T. and Maul, G.A., 1999. Coastal Ocean Prediction. Coastal and Estuarine Studies, 56, 377-404.

Pugh, D.T., 1996. Tides, surges and mean sea - level. John Wiley & Sons Ltd. 472pp.

Schureman, P., 1988. Manual of harmonic analysis and prediction of tides. U.S. Govt.Printing Office, Whashinton, 317 pp. (1st. edition 1924; reprinted 1940, 1958, 1976, 1988).

Schnack, E.J., Fucks E:E, D'Onofrio E.E. y Baldelló G, 2007. Criterios geomorfológicos para la determinación de la línea de ribera en el litoral Atlántico de la Provincia de Buenos Aires. Informe Comisión de Investigaciones Científicas – Autoridad del Agua. Provincia de Buenos Aires, 35p

Servicio de Hidrografía Naval, 2009. Tablas de Marea. Servicio de Hidrografía Naval, Armada Argentina, H-610. 643 pág.

Suthons, C.T., 1963. Frequency of occurrence of obnormally high sea levels on the east and south coasts of England. Proc. Instn. Civ. Engrs. 25, 443-449.

GESTIÓN DEL AGUA DE LASTRE

EN ESPACIOS MARITIMOS COSTEROS

AUTOR: FRÍAS, JUAN CARLOS

ORGANIZACIÓN: ARMADA ARGENTINA.

Resumen

Los estudios realizados en varios países han puesto de relieve que muchas especies de bacterias, plantas y organismos, pueden sobrevivir en el agua de lastre y en los sedimentos transportados por los buques, inclusive después de travesías de varios meses de duración.

La descarga ulterior de agua de lastre o sedimentos en espacios marítimos costeros, fuera del lugar de origen, puede dar lugar al asentamiento de organismos acuáticos invasivos y agentes patógenos perjudiciales. Constituyen entonces, un riesgo para el medio marino, la diversidad biológica, la salud humana y la actividad económica.

La transferencia de organismos entre extensiones de mar geográficamente separadas y la posibilidad que las descargas de agua de lastre causen daños, han sido reconocidas no sólo por la Organización Marítima Internacional sino también por la Organización Mundial de la Salud, a las que les preocupa la función del agua de lastre como medio de propagación de bacterias causantes de enfermedades epidémicas.

En el año 2004, la Organización Marítima Internacional adoptó el "Convenio Internacional para el Control y Gestión del Agua de Lastre y Sedimentos de los Buques" (BWM Convention) que requiere que todos los buques que realicen viajes internacionales, deban implementar un Plan de Gestión de Agua de Lastre y Sedimentos, aprobado por la Administración Marítima de los Estados.

DIRECCION: SUBSECRETARIA DE INTERESES MARITIMOS.
EDIFICIO LIBERTAD. COMODORO PY 2055 PISO 12.
CIUDAD AUTONOMA DE BUENOS AIRES
CORREO ELECTRONICO: armada_omi@ara.mil.ar

Consideraciones generales:

El lastre ha servido desde tiempos remotos para mejorar la estabilidad de las embarcaciones, ya que, sin el peso de la carga, su centro de gravedad puede quedar por encima de la línea de flotación y hacer que escoren. Los primeros materiales usados como lastre fueron piedras, arena y otros objetos pesados, hasta que en el siglo XIX empezó a utilizarse la propia agua del mar. Una vez descargada la mercancía en el puerto de destino, los barcos que debían regresar vacíos, navegaban lastrados con agua. Se estima que aproximadamente 10 mil millones de toneladas de agua de lastre son transferidos globalmente cada año, y que 7.000 especies de bacterias, plantas y organismos son cargadas cada día en el agua del lastre de buques alrededor del mundo.

Especies contenidas en agua de lastre tomadas a bordo en un país pueden ser descargadas en las aguas de otro país cuando un buque va recibir su carga.

Mientras muchas de estas introducciones de especies invasivas o exóticas han sido y continúan siendo inocuas, algunas han tenido consecuencias económicas y medioambientales de gran envergadura.

Los resultados causados por estas invasiones son:

- Modificación de los ecosistemas y la biodiversidad propia del lugar.
- Impactos económicos en las pesquerías y en otras actividades costeras.
- Afectación a la salud, por la introducción de organismos tóxicos, que causan enfermedades por los agentes patógenos introducidos por medio del agua de lastre.

En consecuencia, este traslado se ha convertido en el mayor vector para la transferencia marina de organismos.

Una vez establecidas, es casi imposible controlar las especies marinas invasoras. La introducción de especies marinas invasoras en nuevos ambientes vía agua de lastre de buques, así como por otros medios, ha sido identificada por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) como una de las amenazas más grandes a los océanos del mundo.

La posibilidad de que las descargas de agua de lastre causen daños ha sido reconocida no sólo por la Organización Marítima Internacional sino también por la Organización Mundial de la Salud, a la que preocupa la función del agua de lastre como medio de propagación de bacterias causantes de enfermedades epidémicas.

La introducción de organismos acuáticos perjudiciales a través del agua de lastre ha atraído cada vez más la atención del mundo. La gestión y control del agua de lastre se tornó una agenda importante de la Organización Marítima Internacional (IMO). La misma adoptó la Resolución de Asamblea A.868(20) en 1997 "*Directrices para el control y la gestión del agua de lastre de los buques a fin de reducir al mínimo la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos*". La Resolución pide a los gobiernos que tomen medidas urgentes para aplicar las *Directrices.*

El objetivo de las presentes Directrices, para cuya elaboración se ha contado con asesoramiento científico y técnico, es ayudar a los gobiernos, autoridades competentes, capitanes de buques, empresas navieras, propietarios de buques, autoridades portuarias y demás partes interesadas a reducir al mínimo el riesgo de introducción de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos presentes en el agua de lastre y en sus sedimentos, sin poner en peligro la seguridad del buque.

Además, se recomienda siempre que sea factible que los buques realizarán las operaciones de cambio de agua de lastre en aguas profundas, en altamar y lo más lejos de la costa que sea posible.

Las opciones de control y gestión recomendadas por las directrices incluyen:

- Reportar y registrar operaciones de agua de lastre a bordo;
- Desarrollar plan de gestión de agua de lastre específico para cada buque;
- Minimizar la toma de organismos al cargar el lastre, evitando zonas señaladas en el puerto afectadas por epidemias, plagas o colonias conocidas de organismos perjudiciales y agentes patógenos; en aguas muy poco profundas; o en la oscuridad, cuando los organismos que viven en el fondo pueden ascender en la columna de agua;
- Limpiar regularmente los tanques de lastre para retirar el lodo y sedimentos que se acumulan en estos tanques;
- Evitar la descarga innecesaria de agua de lastre; y
- Llevar a cabo los procedimientos de gestión de agua de lastre.

Aunque las *Directrices* están siendo implementadas en varios países, ellas son de naturaleza voluntaria. Para abordar el problema internacionalmente es necesario, todavía, la implementación de la convención internacional. A través de los esfuerzos del Comité de Protección del Medio Marino (MEPC) de la OMI, en el 2004 se ha establecido la *Convención para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y Sedimentos de los Buques*., en donde define como Obligaciones de carácter general, entre otros conceptos que:

- ❖ Las Partes se comprometen a fomentar el desarrollo continuo de la gestión del agua de lastre y de normas para prevenir, reducir al mínimo y, en ultimo término, eliminar la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos mediante el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques.
- ❖ Las Partes que adopten medidas de conformidad con el presente Convenio se esforzarán por no dañar ni deteriorar el medio ambiente, la salud de los seres humanos, los bienes o los recursos, propios o de otros Estados.
- ❖ Cada Parte se compromete a garantizar que en los puertos y terminales designados por ella en los que se efectúen trabajos de reparación o de limpieza de tanques de lastre se disponga de instalaciones adecuadas para la recepción de sedimentos, teniendo en cuenta las directrices elaboradas por la Organización. Tales instalaciones de recepción funcionarán de forma que no ocasionen demoras innecesarias a los buques que las utilicen y dispondrán de los medios necesarios para la eliminación segura de tales sedimentos sin deteriorar ni dañar el medio ambiente, la salud de los seres humanos, los bienes o los recursos, propios, o de otros Estados.
- ❖ Las Partes se esforzarán, individual o conjuntamente, por:
  a) fomentar y facilitar la investigación científica y técnica sobre la gestión del agua de lastre; y
  b) vigilar los efectos de la gestión del agua de lastre en las aguas bajo su jurisdicción.

La Organización Marítima Internacional ha definido en la Convención los siguientes términos:

"Agua de lastre": el agua, con las materias en suspensión que contenga, cargada a bordo de un buque para controlar el asiento, la escora, el calado, la estabilidad y los esfuerzos del buque.
"Gestión del agua de lastre": procedimientos mecánicos, físicos, químicos o biológicos, ya sean utilizados individualmente o en combinación, destinados a extraer, o neutralizar los organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos existentes en el agua de lastre y los sedimentos, o a evitar la toma o la descarga de los mismos

Antecedentes

- Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, 1982, ratificado por Ley Nº 24.375. (CONVEMAR) estipula que "los Estados tomarán todas las medidas necesarias para prevenir, reducir y controlar la contaminación del medio marino causada por la utilización de tecnologías bajo su jurisdicción o control, o la introducción intencional o accidental en un sector determinado del medio marino de especies extrañas o nuevas que puedan causar en él cambios considerables y perjudiciales"

- Convenio sobre la Diversidad Biológica de 1992 ratificado por Ley Nº 24.375.
  Define que la transferencia e introducción de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos por conducto del agua de lastre de los buques suponen una amenaza para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica.

- Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de 1992 (CNUMAD) Programa 1. Capitulo 17
  Durante la misma se solicitó a la Organización Marítima Internacional que considerase la adopción de reglas apropiadas sobre la descarga del agua de lastre.

- Resolución de Asamblea de la OMI A.774(18)- Directrices para Impedir la Introducción de Organismos Acuáticos y Agentes Patógenos Indeseados que pueda haber en el Agua de Lastre y en los Sedimentos Descargados por los Buques-, reconoció que la descarga incontrolada de tales elementos desde los buques ha ocasionado la transferencia de componentes bióticos causantes de daños a la salud pública, los bienes y el medio ambiente.

- Resolución de Asamblea de la OMI A.868(20) en 1997 “Directrices para el control y la gestión del agua de lastre de los buques a fin de reducir al mínimo la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos”.

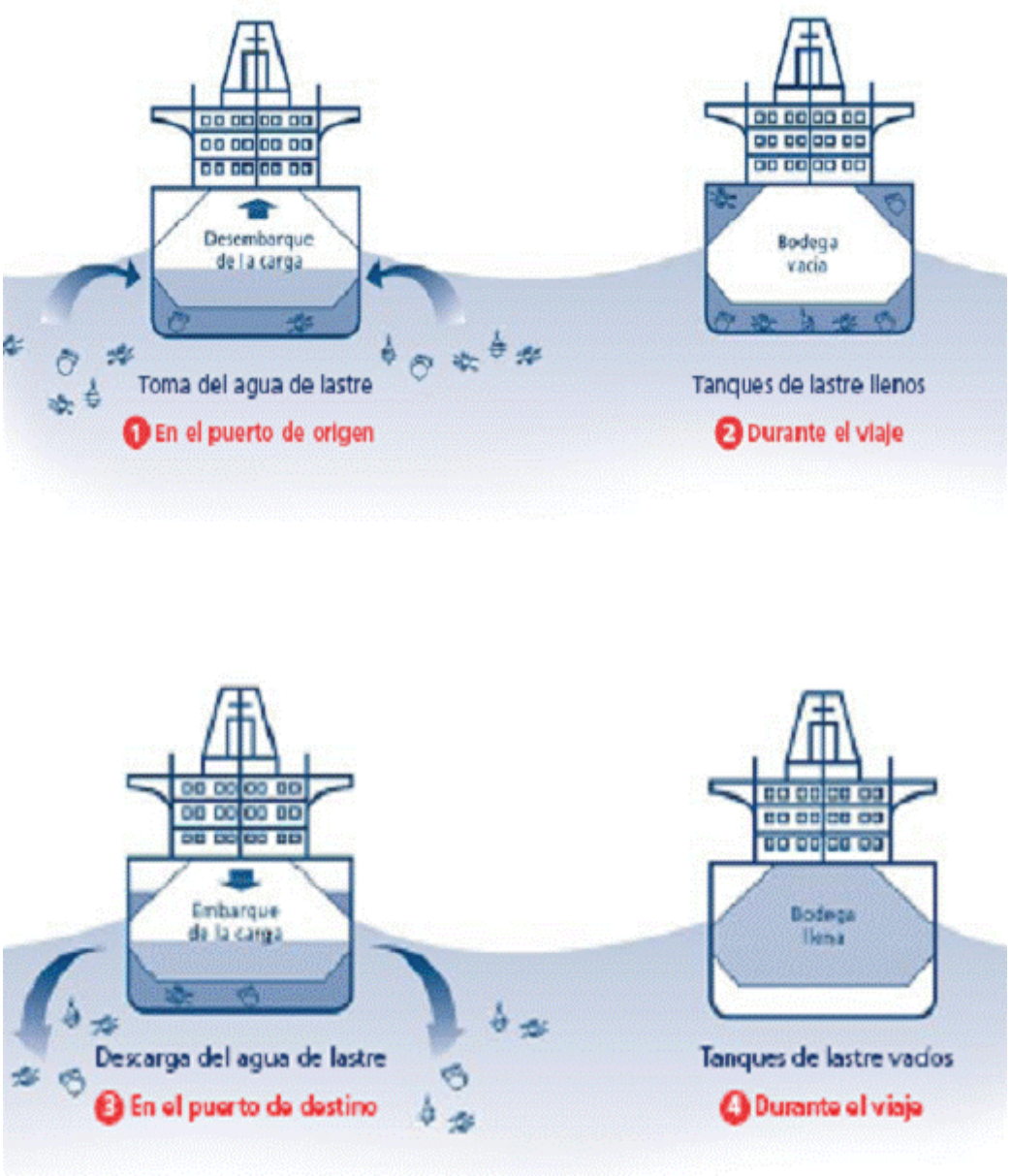
- Convención para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y Sedimentos de los Buques. OMI, 2004.

- “Programa Global de Gestión de Agua de Lastre – GloBallast”, tiene como objetivo ayudar los países en desarrollo a implementar las medidas de carácter voluntario previstas en la Resolución A.868(20), con el propósito de reducir la transferencia de especies acuáticas exóticas indeseables que tienen como vector el agua de lastre de buques.

- Habilitación, administración y operación de Puertos. Ley 24093/92.

- Estrategia ROCRAM de protección del Medio Ambiente Marino 1996-2006

Cómo es el proceso y cuáles son las etapas ?



Ecosistemas Marinos:

Pocos fenómenos naturales marinos han despertado a tal grado la curiosidad, el asombro y el temor de los observadores en toda la historia registrada, como los dramáticos cambios de color en el mar y la fosforescencia nocturna. Estos eventos se encuentran asociados a masivas floraciones de microalgas que, en ocasiones pueden ser altamente tóxicos. Los habitantes originarios del noroeste de los Estados Unidos y Canadá asociaron la fosforescencia de las aguas costeras a la toxicidad de los organismos marinos que constituían su ingesta habitual (Dale & Yentsch, 1988).

Las algas planctónicas que configuran el componente vegetal del plancton, el fitoplancton, son responsables de la producción de más del 90% de las sustancias orgánicas marinas y representan una amplia diversidad de formas. Estos organismos se alimentan por fotosíntesis, un proceso complejo compartidos con las macroalgas y las plantas superiores, en el que la materia orgánica se produce a partir de sustancias inorgánicas simples como el agua y el dióxido de carbono, empleando para ello la energía solar y generando oxígeno. Por ello constituyen la base alimentaria de la cadena trófica marina y proveen el oxígeno esencial a toda la vida en el mar. En los inicios de la vida orgánica sobre nuestro planeta se supone fundadamente que el fitoplancton microscópico generó el oxígeno que fue vital para el desarrollo de las especies terrestres y de los seres humanos (van den Hoek y cols., 1995).

El fitoplancton microscópico está distribuido en todo el planeta y es más abundante en las zonas costeras que en las oceánicas abiertas. Su abundancia relativa es mayor en las más altas latitudes que en las zonas tropicales, aunque la diversidad de especies es mayor en los mares cálidos subtropicales que en las frías aguas más cercanas a los polos. Las marcadas variaciones temporales de la abundancia de microalgas en un lugar específico son procesos naturales y reflejan cambios estacionales en la iluminación y disponibilidad de nutrientes y de la salinidad, temperatura y consumo por el zooplancton herbívoro, entre otros.

En algunos casos especiales, se produce la proliferación masiva de una especie en particular a expensas de otras.. De las casi 4.000 especies marinas del fitoplancton microscópico viviente estimadas (Sournia, 1991; Thomas, 1996), unas 300 especies pueden proliferar en tan alto número que alcanzan densidades de millones de células por litro de agua, siendo tóxicas alrededor de 60. La alta densidad de microalgas puede modificar la coloración del agua y provocar, en la mayoría de los casos, eventos luminiscentes observables durante la noche.

Especies en la Argentina:

La *Undaria pinnatifida* (alga) se extendió desde Puerto Madryn hacia el sur hasta Bahía Bustamante (400 km). El impacto sobre la fauna está en evaluación. Produce alteración del fondo marino, generando bosques monoespecíficos. Conocida popularmente como alga Wakame, es anual y tiene un ritmo de crecimiento desmesurado, que le lleva a alcanzar tamaños entre uno y tres metros. Además es muy prolífica, pues el número de esporas que libera puede llegar incluso a los cien millones. Originaria de Japón, donde se cultiva para uso gastronómico (ensaladas, sopas, guarniciones de pollo y pescado, condimento para arroces y vegetales, en el mundo se consumen anualmente 20.000 toneladas de Wakame), fue introducida de forma accidental en las costas francesas en el año 1971. Desde entonces se han producido varias invasiones, como la de Argentina en 1992, donde llegó a través de las aguas de lastre de los buques procedentes de Corea.. El crecimiento descontrolado de la Undaria podría provocar el éxodo de especies como el salmón, que es un recurso importante para los pescadores artesanales.

En el Río de la Plata y sus afluentes navegables, se han hallado colonias de especies exóticas de moluscos no introducidas deliberadamente, alterando el equilibrio ecológico del medio al carecer de predadores naturales que regulen su población, llegando la especie ubicada en último término (Limnoperma fortunei-1991) a una población promedio de 14.300 individuos/m2 en el litoral rioplatense argentino, y una densidad pico en donde se detectó inicialmente de 130.000 individuos/m2 en menos de diez años, habiéndose comprobado científicamente que proviniendo de lugares muy alejados, esos organismos arribaron en el agua de lastre de los buques descargada antes de entrar a puerto, definiéndola destacados expertos como una "contaminación por especies", que ocasiona perjuicios a diversas instalaciones industriales portuarias y costeras.



MEJILLON DORADO



Limnoperna fortunei (molusco) es un molusco de agua dulce originario del sudeste asiático común en los ríos de China y Honk Kong (Morton, 1977).
Se presume que por un accidente. Llegó con el agua usada como lastre en tanques de buques transoceánicos que venían de Taiwán. Se lo detectó en un balneario cercano a Berisso y ahora ya alcanzó a habitar hasta las aguas costeras de Paraguay y del norte de Uruguay.
Se adhiere a construcciones sumergidas y puede dañar tomas y plantas potabilizadoras de agua, causando grandes pérdidas económicas. Desplaza a los caracoles autóctonos
L. fortunei se encuentra distribuida en el Río de la Plata y el Río Paraná hasta Itaipú, Río Uruguay hasta Salto Grande, Río Paraguay y río Tercero (provincia de Córdoba) con densidades de hasta más de 80.000 individuos por metro cuadrado (Boltovskoy y Cataldo 1999).

Corbicula largillierti , fluminea y Undaria fueron introducidas de Asia.*Corbicula largillierti* (molusco) *Corbicula spp* se distribuye en la Cuenca del Plata en las provincias de Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos, Corrientes, Misiones y Chaco.

Balanus glandula (crustaceo) *Balanus* fue introducida principalmente como incrustación de barcos aunque no se descarta que también haya sido introducida mediante agua de balasto,
Fue registrada por primera vez en Mar del Plata a fines de la década del 60, se extendió a una velocidad de 40 km/año y en la actualidad se extiende desde S. Clemente del Tuyú hasta Comodoro Rivadavia.

Rapana venosa (molusco) originaria del Sudeste asiatico. . *Rapana* no se conoce el modo pero por su biología lo mas probable es el agua de balasto localizada en las costas del Río de la Plata, 1999

Comparación con los países limítrofes en relación a la Situación de Especies Invasivas:

- Chile:

Algunas investigaciones que se han llevado a cabo, se han asociado a 3 especies de copépodos zooplanctónicos, provenientes de Japón:

- *Oithona davisae*
- *Centropages abdominalis*
- *Acaria omorii*.

Además, del urocordado *Pyura praeputialis,* el cual se encuentra en Antofagasta a lo largo de aproximadamente 70 kilómetros de línea costera intermareal y en ambientes submareales .

- Paraguay

Limmnoperna Fortunei(moluscos)
Los registros efectuados han permitido localizar a L. fortunei tanto en el cauce principal del Paraná como en cauces secundarios.
Alylacustoma spp: estos moluscos fueron extintos en la región de la represa Yasyreta. .
Carbicula Fluminea: ha invadido todos el país, su habitad actual son los arroyos y ríos, hace competencia con las especies nativas.
Craspetacusta Soweby: Melusa de agua dulce, se presume que vino de la China, no se tiene un estudio acabado, se encuentra en la zona de la Represa de Itaipu Binacional.
Biomphalaria es un caracol acuático y se presume que vino por el Brasil (África), se encuentra en la región del río Paraná , su habitad son las aguas tranquilas y de poca profundidad. Son las causantes de transmisión de la Esquistosomiasis.

- *Republica Oriental del Uruguay*

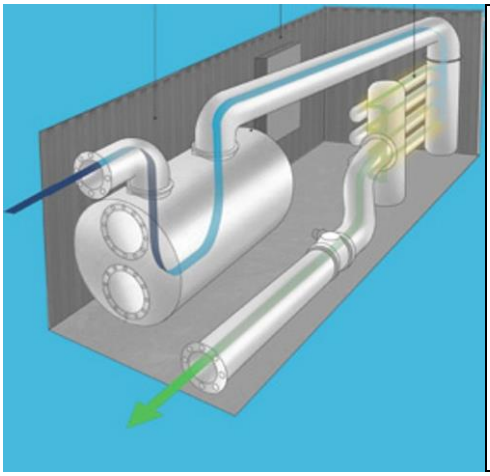
Corbicula fluminea (Mollusca, Bivalvia*)*
Corbicula largillierti (Mollusca, Bivalvia*)*
Limnoperna fortunei (Mollusca, Bivalvia*)* esta especie se la encontró en cuatro zonas correspondientes a los Departamentos de San José y Colonia entre 1994 y 1995.
*Rapana venosa ((*Mollusca, Gastropoda*)* fue citado para ambas costas del Río de la Plata por Scarabino *et al.* (1999) y Pastorino *et al.* (2000).
Styela plicata (Chordata, Urochordata*)* fue encontrada en 1992 - 1993 por Fabiano, G. en estructuras portuarias, cascos de barcos y cañerías de toma de agua, citado posteriormente por Orensanz *et al*. (2002)

- Brasil

Coscinodiscus wailesii: Primer registro en 1987 - bahía de Paranagua. .
Alexandrium tamarense: Primer registro en 1996 - Playa do Cassino, RS
Temora turbinata: Primer registro en estado de Sergipe en la década de 1980.Ampliamente distribuida en la costa brasilera. Origen: Indeterminada.
Caulerpa scalpelliformis: Detectada el 2001 en la bahía de Isla Grande.
Isognomon bicolor: Primer registro en el estado de São Paulo en 1994, substitución de las especies locales.
Tubastraea tagusensis 1980 Transporte vía incrustación, con énfasis para plataformas
Limnoperna fortunei 2004; *Styela plicata y Charybdis hellerii*

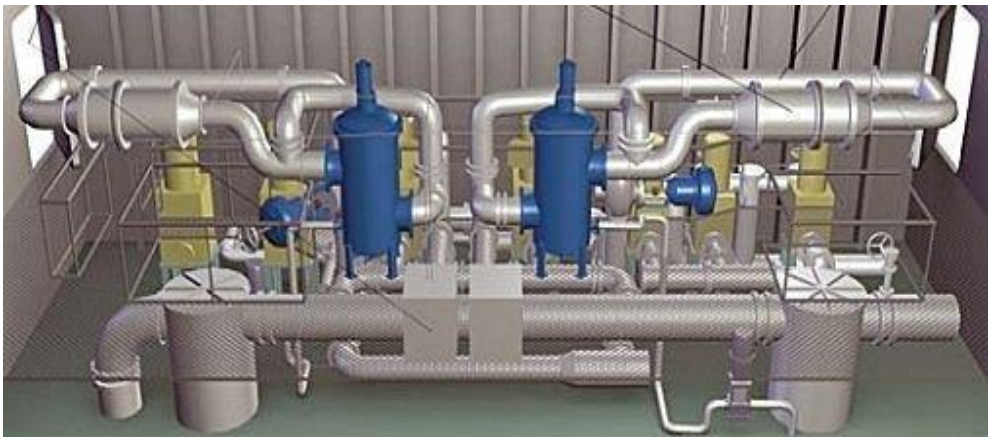
Tratamientos

Dentro ya de los distintos tratamientos que se conocen para esterilizar el agua de mar podemos distinguir tres tipos fundamentales: físicos, mecánicos y químicos. Entre los métodos físicos más utilizados y eficaces se encuentra la radiación ultravioleta, pero tiene el inconveniente de que requiere un tratamiento de tipo mecánico para poder trabajar en óptimas condiciones. Otro método, el tratamiento por calor, aprovecha la energía de las calderas para aumentar la temperatura del agua y producir la muerte de los organismos, aunque requiere un diseño complicado y es menos eficaz que el tratamiento mediante radiación ultravioleta. Por último puede recurrirse al tratamiento por ultrasonidos, aunque está todavía en fase experimental. En cuanto a los métodos mecánicos, el tratamiento por filtración elimina cualquier sólido u organismo cuyo tamaño supere el poro del filtro, pero permite el paso a los más pequeños, como virus y bacterias, que no son por ello menos importantes. Otro tanto sucede cuando centrifugamos el agua en un hidrociclón: aquellas partículas u organismos con una densidad mayor a la del agua serán arrastrados a la parte externa del dispositivo y resultarán fáciles de eliminar. Pero escaparán los que tengan una densidad similar o menor a la del agua de mar.
La tercera alternativa consiste en los tratamientos químicos, también muy variados. Cabe citar en primer lugar a los productos desinfectantes y biocidas, generalmente oxidantes de la materia orgánica, como, por ejemplo, el cloro que se usa para potabilizar el agua de consumo. Tienen el gran inconveniente de que las aguas así tratadas conservan cierto carácter biocida que podría afectar posteriormente a otras especies. Además, en ocasiones dan lugar a compuestos organoclorados de carácter tóxico y cancerígeno. Por lo tanto, se están investigando otras sustancias con efecto biocida temporal que no pongan en peligro a las demás especies, así como el uso de cobre y otros metales que son tóxicos para los microorganismos. Sin embargo, al no cubrir todas las zonas del tanque de lastre y dejar espacios muertos sin tratar, estos sistemas no son del todo eficaces.





El sistema se basa en la separación sólida (filtro) como pretratamiento y altas dosis de radiación ultravioleta para la erradicación de organismos marinos, virus y bacterias.



El agua es bombeada y filtrada antes de pasar por el compartimiento de cavitación, luego es desinfectada inyectando una mezcla de nitrógeno y agua activada.

Evaluación

El sistema de evaluación utilizado fue desarrollado por el Programa Globallast (Global Ballast Water Management Programme) y parte del principio que cuanto mayor es la frecuencia y el volumen de agua de lastre proveniente de un determinado lugar, similitud ambiental entre los puertos donantes y receptores y ocurrencia de especies de riesgo en la bioregión del puerto donante, mayores son los riesgos representados en el área de descarga del agua de lastre. Este sistema requiere de una serie de datos sobre el agua de lastre descargada; parámetros ambientales del puerto receptor y de origen, y destino del agua de lastre; y de las especies de riesgo por bioregión, clasificadas según su origen como nativa, criptogénica o introducida y también según el impacto que causan en no-nociva, potencialmente nociva o reconocidamente nocivas (especies blanco), utilizados en la determinación de coeficientes de riesgo primarios.

Impacto económico

Limnoperna y Corbicula:

En industrias que toman agua del Río Paraná como refrigerante, en plantas potabilizadoras de agua del Río de la Plata y en los filtros de las represas generando mayores costos de mantenimiento y limpieza.

En ambos casos producen incrustaciones en las tuberías disminuyendo el diámetro y por lo tanto la velocidad del flujo de agua con la consiguiente pérdida de eficiencia del sistema.

Undaria : Impacto sobre actividades turísticas y recreación al alterar los sitios utilizados para buceo y las playas.

Balanus produce incrustaciones en instalaciones portuarias y en tomas de agua

Rapana venosa se discute acerca de la posibilidad y consecuencia de que se convierta en una especie invasora

Temas desarrollados en la OMI (59ºMEPC)-Medio Marino, Julio 2009, en relación a los organismos acuáticos perjudiciales en el agua de lastre.

Documento **MEPC 59/2**, (Alemania). Presenta la documentación pública (no confidencial) para la aprobación final del equipo "*Cleanballast*", El mismo ya fue aprobado por el GT tal como figura en el Documento **MEPC 59/2/16**, punto 3.2. y Anexo 5.

Documento **MEPC 59/2/1**, (Japón).Presenta la documentación pública (no confidencial) para la aprobación final del equipo de "Gestión de Agua de Lastre Híbrido de Tubos Especiales combinado con tratamiento de ozono", en el marco de la Directriz D9. El mismo **NO FUE APROBADO** por el GT en el Documento **MEPC 59/2/16.**

Documento **MEPC 59/2/2**,(China).Presenta la documentación pública (no confidencial) correspondiente a la Aprobación Básica o inicial, del equipo de gestión de agua de lastre "Escudo Océano Azul", en el marco de la Directriz D9. y consideración. El mismo ya fue aprobado por el GT en el Documento **MEPC 59/2/16**.

Documento **MEPC 59/2/3**,(Corea).Presenta la documentación pública (no confidencial) correspondiente a la Aprobación Final, para el sistema de gestión de agua de lastre "*KN-03 Blueballast (ozono)*",El mismo ya fue aprobado por el GT tal como figura en el Documento **MEPC 59/2/16**,.

Documento **MEPC 59/2/4**,(Corea).Presenta la documentación pública (no confidencial) correspondiente a la Aprobación Básica o inicial, para el sistema de gestión de agua de lastre "*Ecoballast*" de HHI, en el marco de la Directriz D9.. El mismo ya fue aprobado por el GT tal como figura en el Documento **MEPC 59/2/16**

Documento **MEPC 59/2/5**,(Japón).Presenta la documentación pública (no confidencial) correspondiente a la Aprobación Final, para el sistema de purificación de agua de lastre "*Clearballast*" de Hitachi, en el marco de la Directriz D9.El mismo ya fue aprobado por el GT tal como figura en el Documento **MEPC 59/2/19**,.

Documento **MEPC 59/2/6**,(Países Bajos). En el mismo presenta la documentación pública (no confidencial) correspondiente a la Aprobación Final, para el sistema de gestión de agua de lastre "*Greenship Sedinox*", en el marco de la Directriz D9. El mismo ya fue aprobado por el GT **MEPC 59/2/19.**

Documento **MEPC 59/2/7**,(Corea).Presenta la documentación pública (no confidencial) correspondiente a la Aprobación Final, para el sistema de Tratamiento de agua de lastre "*GloEn-Patrol*™", en el marco de la Directriz D9. Sin observaciones se sugiere su remisión al Grupo de Trabajo GESAMP-BWWG para su análisis.

Documento **MEPC 59/2/8**,(Alemania).Presenta la documentación pública (no confidencial) correspondiente a la Aprobación Básica o inicial para el sistema de Tratamiento de agua de lastre "*AquaTriComb*", en el marco de la Directriz D9. El mismo ya fue aprobado por el GT tal como figura en el Documento **MEPC 59/2/19.**

Documento **MEPC 59/2/9**,(Alemania).Presenta la documentación pública (no confidencial) correspondiente a la Aprobación Final para el sistema de Gestión de agua de lastre "*Ecochlor®",* en el marco de la Directriz D9. Sin observaciones se sugiere su remisión al Grupo de Trabajo GESAMP-BWWG para su análisis y consideración.

Documento **MEPC 59/2/10**,(Sudáfrica).Presenta la documentación pública (no confidencial) correspondiente a la Aprobación Final para el sistema de Gestión de agua de lastre "Sistema de Tecnologías de Recursos de Lastre" (*Resource Ballast Technologies System*)– tratamiento por cavitación, combinada con ozono e hipoclorito de sodio-, en el marco de la Directriz D9. Sin observaciones se sugiere su remisión al Grupo de Trabajo GESAMP-BWWG para su análisis y consideración.
Documento **MEPC 59/2/11**,(Alemania).Presenta la documentación pública (no confidencial) correspondiente a la Aprobación Básica o inicial para el sistema de Gestión de agua de lastre "*Siemens SiCURE",* en el marco de la Directriz D9. Sin observaciones se sugiere su remisión al Grupo de Trabajo GESAMP-BWWG para su análisis y consideración.
Documento **MEPC 59/2/12**,(Secretaría).Propone establecer una base de datos sobre los sistemas de gestión del agua de lastre en el GISIS en función de la Resolución MEPC.175(58) sobre la "Presentación de información sobre los sistemas de gestión del agua de lastre homologados".
Documento **MEPC 59/2/13**,(Secretaría).Se informa sobre el resultado del Taller desarrollado por Grupo de Trabajo de Agua de Lastre –GESAMP. En el mismo requiere que el MEPC tome nota sobre el progreso realizado con respecto a la base de datos de substancias formadas durante el tratamiento de agua de lastre, el escenario de exposición humana y los modelos evaluación de riesgo para descarga de agua de lastre, así también con los cambios a la sección 2.3 de la metodología.
Documento **MEPC 59/2/14**,(Secretaría). En el mismo, acompañan a un proyecto de Circular desarrollado por el BLG, donde en función de varios requerimientos de aclaraciones, se mencionan las fechas en las cuales se deben cumplir con el estándar estipulado en la Regla B-3.1 de la Convención BWM.
Documento **MEPC 59/2/15**, (Secretaría). En el mismo se informa el resultado del BLG13 y los requerimientos que seguidamente se detallan para que sean tratados y aprobadas por el MEPC a saber: Integrar las Directrices correspondientes a como se debe gerenciarse el agua tratada a bordo y la correspondiente a los procedimientos de seguridad para el buque y tripulación contra los riesgos en sistemas que utilizan substancias activas. La aprobación de la Directriz consolidada sobre el manipuleo seguro de substancias para el tratamiento de agua de lastre y su distribución por Circular. Requerir a los Miembros el envío al BLG14, de contribuciones para el protocolo de muestreo y análisis. La aprobación para la distribución del cuestionario de información técnica aportado por Brasil por medio de una Circular.

Documento **MEPC 59/2/16**,(Secretaría). En el mismo se informa el resultado de la novena reunión del Grupo de Trabajo GESAMP-Agua de Lastre (GESAMP-BWWG), e incluye las evaluaciones y propuestas para aprobación del MEPC, de las solicitudes oportunamente elevadas por: Japón se evaluó asesorar la no aprobación para el Sistema de Gestión de Agua de Lastre Especial de Tubos Pipe Híbrido combinado con ozono , Alemania (Final para el Sistema de Gestión de Agua de Lastre RWO –*CleanBallast*- República de Corea (Final para el Sistema NK-O3 –*BlueBallast*- Ozono - China (Básica para el Sistema de Gestión de Agua de Lastre –Escudo Océano Azul- República de Corea (Básica para el Sistema de Gestión de Agua de Lastre HHI –*EchoBallast*- en opinión del Grupo también cumple con los requerimientos para aprobación final del procedimiento G9. Por otra parte solicitan que el MEPC concuerde en que los equipos que emplean luz ultravioleta, también deben ser revisados bajo el procedimiento G9 ya que aprecian se producen compuestos que requieren análisis ecotoxicológicos. Asimismo requieren se modifique en el en la Sección 5 del Procedimiento G9 las referencias de "Toxicidad" por las de "Ecotoxicidad", con el objeto de evitar confusiones. También requieren que se considere el análisis de los ensayos de corrosión, con vistas a incluirlos en la metodología en el MEPC60.

Documento **MEPC 59/2/17**,(Gran Bretaña). En el mismo indica que el Convenio requiere que los buques alcancen el estándar D-2 cuando descarguen el agua de lastre. En tal sentido mencionan que el uso de agua potable -como agua de lastre- permitiría a los buques de menor tamaño, donde el espacio disponible es limitado, disponer de una alternativa, en lugar de disponer de sistemas de gestión del agua de lastre. Para lo cual requieren del MEPC aclaraciones sobre esta posibilidad. Se aprecia pertinente la propuesta ya que es una muy buena y simple alternativa, en especial para buques de transito corto donde tienen posibilidades de carga y descarga en puertos.

Documento **MEPC 59/2/18**,(Japón). En el mismo comenta su parecer para tratar el tema sobre los buques construidos en el 2010 (Regla B-3.3) respecto a la disponibilidad de equipamiento suficiente que cumpla con el estándar D-2., mencionan las dificultades que se tienen respecto al diseño y selección de equipos (unos de los más grandes de a bordo), y el tiempo necesario de anticipación para el diseño y la construcción. En especial este ultimo, que abarca un tiempo del orden de dos años, es decir que se debieron tomar las decisiones en el año 2008. Asimismo, indica que a la fecha son pocas las disponibilidades de equipos, en especial para buques de menor tamaño, a los cuales les alcanzará primero la norma.

Documento **MEPC 59/2/19**,(Secretaría). En el mismo se informa el resultado de la novena reunión del Grupo de Trabajo GESAMP-Agua de Lastre (GESAMP-BWWG), e incluye las evaluaciones y propuestas para aprobación del MEPC, de las solicitudes oportunamente elevadas por Japón (Final para el equipo Sistema de Purificación de Agua de Lastre Hitachi –*ClearBallast*- , Holanda (Final para el Sistema de Gestión de Agua de Lastre -*Greenship Sedinox*- y Alemania (Basica para el Sistema de Tratamiento de Agua de Lastre –*AquaTriCombTM*- Así también requieren aprobación sobre la decisión de realizar la 10a reunión extraordinaria en septiembre informar al MEPC60, como así también la propuesta para la onceava reunión en el mes de octubre, ambas del corriente año.

Documento **MEPC 59/2/20**, producido por el Fondo Mundial de la Naturaleza (WWF), resalta la necesidad para acciones urgentes para implementación del Convenio de marras antes del 2016. Si bien se consideran atendibles las causales planteadas, se aprecia que se deben mantener las fechas ya adoptadas, independientemente de alentar a los estados de mayor tonelaje a que la adopten.

Conclusiones:

Los estudios científicos han demostrado que es posible relevar y registrar la ocurrencia y **distribución de especies** nativas y no nativas en los puertos, sin embargo un gran número de países ribereños no se esfuerzan en determinar la ocurrencia de los mismos.
La transferencia de las especies invasivas, es probable que se produzca a través de la **pintura protectora** de los cascos. No se aprecia en este sentido un trabajo de coparticipación en el desarrollo de tecnologías para pinturas antifouling.
Se han presentado varios **proyectos para la aprobación final** o inicial de sistemas de gestión/tratamiento de agua de lastre por parte de la Organización Marítima Internacional, la mayoría han sido aprobados, con excepción del presentado por Japón para su equipo Híbrido de Tubos Especiales combinado con tratamiento de ozono. Se aprecia que la labor de esta organización ha recaído en evaluar sistemas y no en la preocupación por la protección ambiental del medio marino. El uso de agua potable como agua de lastre, podría significar una propuesta interesante e inocua simple y practica.
Por otra parte aprecio favorable la preocupación del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), quien destaca la necesidad de adoptar medidas urgentes respecto de la implantación del **Convenio sobre la Gestión del Agua de Lastre** (Convenio BWM). El WWF informa sobre la agudización de las invasiones e insta a los Estados de abanderamiento y a los propietarios de buques a que implanten el Convenio BWM.
Considero que habiendo concebido el **Global Ballast Programme** como una herramienta de evaluación y considerando los buenos resultados obtenidos, sería conveniente implementarlo para otros puertos a los efectos de profundizar los conocimientos en la materia y permitir evaluar con criterio el estado actual de las especies invasivas.
La gran cantidad de registros que disponen los estados deberían servir para comparar los mismos al menos en una escala regional, así como permitiría evaluar el comportamiento de las compañías en distintos espacios marítimos.
La afectación a la salud derivada de la introducción de especies invasivas, es normalmente considerada en forma prioritaria por los estados y colateralmente por organismos regionales o internacionales, pese a tratarse de un tema que excede los límites de los países.
La recopilación y divulgación necesaria de la **información**, será absolutamente prioritaria para alertar respecto a posibles efectos perjudiciales en la economía y en la salud pública.
Es imperativo el desarrollo de **facilidades portuarias** que tengan la capacidad de recibir las aguas de lastre, tema que aún está en un grado por debajo de lo aceptable.
Todos los esfuerzos que se apliquen deberían estar directamente relacionados al grado de desconocimiento acerca del **impacto ponderado de todas las especies** que potencialmente podrían afectar al medio marino, la salud de sus habitantes y su afectación económica.
Se sabe que es muy difícil controlar las acciones de los buques en navegación y por otra parte ninguno de los tratamientos del las aguas de lastre en mar abierto han sido totalmente comprobados, por lo cual siempre dependerá de la **operación responsable** tanto de los capitanes, compañías, armadores y operadores portuarios, así como del control efectivo de las autoridades rectoras del puerto, que en cada caso correspondan.
Las instituciones gubernamentales encargadas de las decisiones y acciones en el sector naviero, deberían tomar como guía todas aquellas recomendaciones impartidas por la **Organización Marítima Internacional**, así como asegurar el cumplimento de las Leyes Nacionales vigentes.

Referencias

Ballast water news, Global Ballast Water, Management Programme, Issues 2002, 2003,2004.

Resolución de la OMI A.868(20). aprobada el 27 de noviembre de 1997.

Directrices para el control y la gestión del agua de lastre de los buques a fin de reducir al mínimo la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos.

Convenio internacional para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques, OMI.Londres 2004.

Stopping the Ballast water stowaways, Global Ballast Water Management Program, IMO, March, 2001.

Juan José Gomez Meunier. Instrucciones de asistencia al MEPC 59. CABA. 2009.

Julieta Sda Silva, Rosa Cde Souza. Água de Lastro e Bioinvasao.Interciencia. RJ 2004

Bibliografia del Curso Introduccion a la Gestion del Água de Lastre.Montevideo.2006

Juan C. Frias. Especies Invasivas en Aguas de lastre.UNS. Bahia Blanca 2002

1st International Workshop on Guidelines & Standards for Invasive Aquatic Species Surveys & Monitoring Arraial do Cabo, Brazil, 13- 17 April 2003

- The global mapping and database capabilities of UNEP-WCMC.
Emily Corcoran. Marine Programme Officer. UNEP-WCMC, Cambridge, UK
- Port monitoring: the experience of a pilot project in the United Kingdom
I. A. N. Lucas & S. Welch. School of Ocean Science. University of Wales, Bangor.
Marine Science Laboratories, Menai Bridge.
- Surveying multiple sites in a large bay – Mumbai, India. Anil A. C. and S. S. Sawant
On behalf of Team - NIO and Team India· Global Ballast Water Management Program in India. National Institute of Oceanography
- Invasive aquatic species surveys and monitoring in the Mediterranean. B. S. Galil
National Institute of Oceanography, Israel Oceanographic & Limnological Research.
- CIESM Atlas of exotic species in the Mediterranean. A Mediterranean-wide database of Invasive Alien Species. B.S. Galil. National Institute of Oceanography, Israel Oceanographic & Limnological Research.
- Coordination and capacity building for marine taxonomy – a regional approach
Dr Nicholas King and Dr Richard Smith. *BioNET-INTERNATIONAL*
- Considerations for conducting non-indigenous species surveys: lessons learned from the Tropics of Australia.

Algunos de los webs consultados

Convention Biological Diversity. www.biodiv.org
Acuatic Invasive Species Conference Oct 2001. www.acuatic-invasive-species-conference.org
Undaria. www.cenpat.edu.ar
Ballast Water News www.globallast.imo.org
Ballast Water Treatment. www.marinetech.ncl.ac.uk
Environmental Technology verification programme. www.epa.gov/etv
Organizacion Maritima Internacional. www.imo.org
Biological Invansions. www.wkap.nl/journals/biological_invasions
Australian Centre for Research on introduced Marine Pest (CRIMP)
www.marine.csiro.au/crimp/

INFLUENCIA DE IMPERFECCIONES INICIALES EN LA INESTABILIDAD DE CÁSCARAS CILÍNDRICAS DELGADAS

FEIJÓO, E.[1], CARRARA, J. C.[2], BULA, E. M.[3]

Resumen

Las cargas críticas obtenidas en ensayos de cáscaras cilíndricas delgadas sometidas a compresión axial presentan una marcada dispersión y resultan significativamente menores que las predicciones correspondientes a la teoría clásica lineal. El marco teórico vigente atribuye las discrepancias observadas a razones de comportamiento no lineal y a factores de "sensibilidad a imperfecciones" relacionados con desviaciones de la geometría circular, apartamientos de la condición de simple apoyo, deformaciones inducidas por restricciones en extremos y distribución de cargas axiales.

Los ensayos de inestabilidad por acción del peso propio en cáscaras cilíndricas de goma siliconada, con base inferior sólida y extremo superior libre, desarrollados por Mandal y Calladine, facilitan una base de referencia experimental libre de incertidumbres inherentes a condiciones de borde, deformaciones emergentes de restricciones en extremos y distribución de cargas axiales.

El presente trabajo está orientado a determinar la efectiva incidencia de desviaciones iniciales de la geometría circular en las cargas críticas y modos de colapso asociados a los modelos ensayados por los autores de referencia. Su desarrollo contempla la implementación de soluciones de inestabilidad no lineal, basadas en el Método de Elementos Finitos, con perturbaciones de amplitud variable. Los resultados obtenidos permiten identificar dos modos de colapso diferenciados, análogos a los observados experimentalmente; las predicciones de carga crítica-desviación inicial respectivas indican que la ocurrencia de uno u otro modo de colapso está determinada por la amplitud de la perturbación inducida.

[1] Ingeniero Naval (ITBA), Ocean Engineer (MIT), Science Master in Nuclear Engineering (MIT); Director Departamento Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad Austral; Av. Juan de Garay 125 (C1063AAB) Buenos Aires, Argentina; efeijoo@austral.edu.ar, Tel (54-11) 5921-8000 int 8510

[2] Licenciado en Física (UBA), Science Master in Mechanical Engineering (Washington University in Saint Louis); Profesor Asociado, Facultad de Ingeniería, Universidad Austral; jcarrara@austral.edu.ar

[3] Estudiante de Ingeniería Industrial; Ayudante de Investigación, Facultad de Ingeniería, Universidad Austral.

1. Introducción

Las cáscaras cilíndricas delgadas están asociadas a un amplio rango de aplicaciones concretas, particularmente en los ámbitos propios de las ingenierías aeroespacial, mecánica, naval y petroquímica. La inestabilidad de cáscaras cilíndricas isotrópicas delgadas sometidas a cargas de compresión axial, si bien ha sido tratada teórica y experimentalmente por diferentes autores, continúa siendo objeto de intensivas investigaciones.

El trabajo pionero de Euler sobre la estabilidad elástica de columnas esbeltas sentó las bases para el desarrollo de la *teoría clásica* de pandeo elástico, basada en simplificaciones lineales, en que la solución del problema de autovalores resultante permite determinar las cargas críticas de bifurcación y sus modos de deformación asociados. La teoría clásica de inestabilidad de cáscaras cilíndricas fue extensivamente utilizada, entre las décadas de 1910 y 1930, por distintos investigadores independientes que incluyen a Timoshenko, Lorenz, Southwell, von Mises, Flügge, Schwerin y Donnell, ver Timoshenko & Gere[1] para mayor detalle. La tensión crítica correspondiente a dicha teoría clásica de inestabilidad de cáscaras cilíndricas isotrópicas delgadas, con condiciones de borde caracterizadas por extremos simplemente apoyados, está dada por

$$\sigma_{Cl} = \frac{E}{\sqrt{3(1-\nu^2)}} \left(\frac{t}{R} \right)$$

donde, E denota al Módulo de Elasticidad Longitudinal, ν al Coeficiente de Poisson, t al espesor de pared y R al radio de la cáscara.

Las tensiones críticas obtenidas en ensayos desarrollados en la década de 1930 presentan una marcada dispersión y resultan significativamente menores que las predicciones correspondientes a la teoría clásica lineal. La discrepancia observada se acentúa a medida que aumenta la relación radio/espesor (R/t), Figuras 1 y 2.

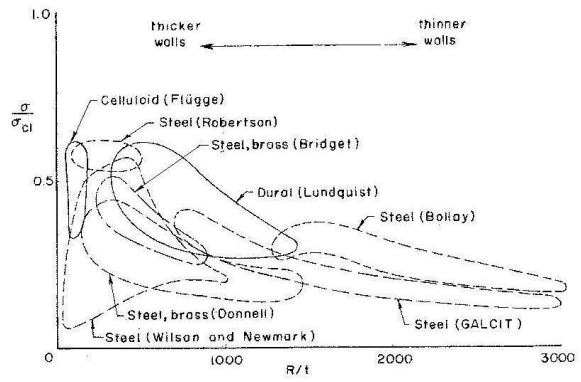


Figura 1. Comparación relaciones de tensiones críticas experimentales/clásicas[2].

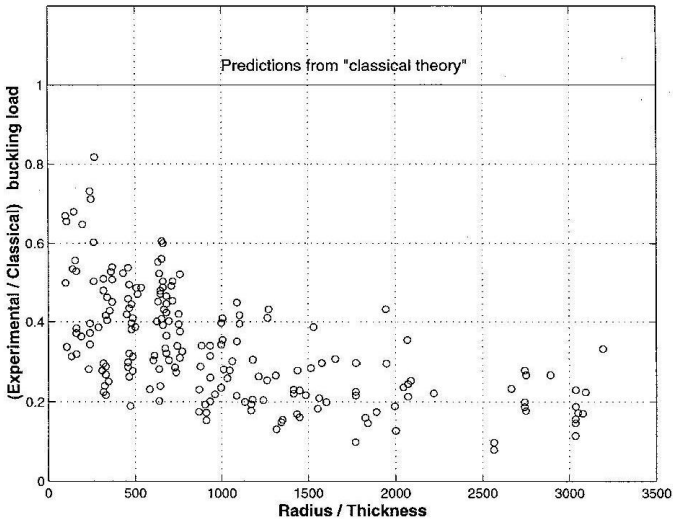


Figura 2. Recopilación distribución de tensiones críticas experimentales/clásicas[3].

Estos aspectos conflictivos y la observación de frecuentes fallas catastróficas despertaron el interés de numerosos investigadores. Donnell[4] incorporó el efecto de imperfecciones geométricas iniciales, introduciendo un conjunto simplificado de ecuaciones diferenciales no lineales. En la década de 1940, von Karman et al.[5] y von Karman & Tsien[6] resaltaron que el comportamiento de las cáscaras cilíndricas sometidas a compresión axial es esencialmente no lineal y que la capacidad portante se reduce significativamente con posterioridad a alcanzar el máximo valor de carga. Koiter[7] desarrolló una teoría general no lineal de la estabilidad elástica, idónea para predecir la estabilidad del equilibrio en el punto de bifurcación de pandeo y sus proximidades, determinando que las cáscaras cilíndricas bajo compresión axial exhiben un inestable comportamiento post pandeo y que su capacidad portante resulta singularmente afectada por la presencia de desviaciones geométricas iniciales. En la década de 1960, Babcock[8] condujo un trabajo experimental orientado a cuantificar la incidencia de imperfecciones iniciales en la inestabilidad de cáscaras cilíndricas sometidas a compresión axial, registrando la geometría de los especímenes ensayados y la distribución de cargas axiales. Arbocz & Babcock[9] si bien señalaron como posibles factores de imperfecciones a los apartamientos de la condición de simple apoyo, deformaciones inducidas por restricciones en los extremos y desviaciones de la geometría circular, estas últimas constituirían el agente de degradación principal de la capacidad portante respectiva.

Los desarrollos reseñados precedentemente sientan bases que permiten atribuir las discrepancias observadas a un carácter no lineal del fenómeno de inestabilidad y a factores de

"sensibilidad a imperfecciones", relacionados con desviaciones de la geometría circular, apartamientos de la condición de simple apoyo, deformaciones inducidas por restricciones en extremos y distribución de cargas axiales.

En la búsqueda de la definición de un parámetro representativo de la sensibilidad a imperfecciones de cáscaras cilíndricas, cabe recurrir a los análisis de Koiter, basados en asumir deformaciones iniciales de geometría coincidente con el autovector asociado a la inestabilidad del cilindro circular.

2. Los Ensayos de Mandal y Calladine

En la década de 1970, Calladine & Barber[10] desarrollaron experimentos de inestabilidad por acción del peso propio en cáscaras cilíndricas delgadas de goma siliconada, con base inferior sólida y extremo superior libre. Los especímenes, manufacturados en un molde rotatorio, tenían un diámetro exterior de 172 mm y espesores que variaban entre 0,23 mm y 1,12 mm. Los cilindros respectivos fueron acortados en longitud hasta lograr que, apoyados sobre sus bases en posición vertical, permanecieran en condición de equilibrio estable. Las alturas experimentalmente determinadas, fueron consideradas como longitudes críticas (L_{Cr}) asociadas a la solicitación del propio peso. En esa oportunidad, se ensayaron siete especímenes con relaciones radio/espesor correspondientes al rango $80 < R/t < 400$.

Dichos investigadores identificaron dos modos de colapso diferenciados. A diferencia de los cilindros de mayor altura y espesor, que colapsaban con modos iniciados en proximidades de las bases *(base crumpling)*, los más delgados y cortos lo hacían desde el borde libre superior *(wall falling inward)*.

A efectos de correlacionar los resultados obtenidos con la teoría clásica, los autores formularon la hipótesis de que el fenómeno de pandeo acontecía cuando la tensión de compresión en la base por acción del peso propio, alcanzaba la tensión crítica clásica σ_{Cl}. En estos términos, la relación entre longitudes y tensiones críticas queda explicitada por

$$\sigma_{Cl} = L_{Cr}\,\rho g = \frac{E}{\sqrt{3(1-\nu^2)}}\left(\frac{t}{R}\right)$$

donde, ρ denota la densidad del material y g la constante gravitacional.

Del análisis respectivo, surgen las siguientes conclusiones relevantes: en general, la ocurrencia de pandeo no responde a la teoría clásica; la dispersión de resultados es significativamente menor que la recopilada en la literatura de ensayos de cilindros delgados; la mejor aproximación de tendencia asociada a los datos experimentales puede expresarse como

$$\frac{L_{Cr}\,\rho g}{E} \propto \left(\frac{t}{R}\right)^{1.5}, \quad 80 < \frac{R}{t} < 400$$

Con el objeto de corroborar la experiencia detallada precedentemente, Mandal & Calladine[11] condujeron, hacia fines de la década de 1990, una nueva serie de ensayos con especímenes de diámetro exterior un 40% mayor que los modelos originales. Los cilindros fueron conformados en el molde rotativo esquematizado en la Figura 3.

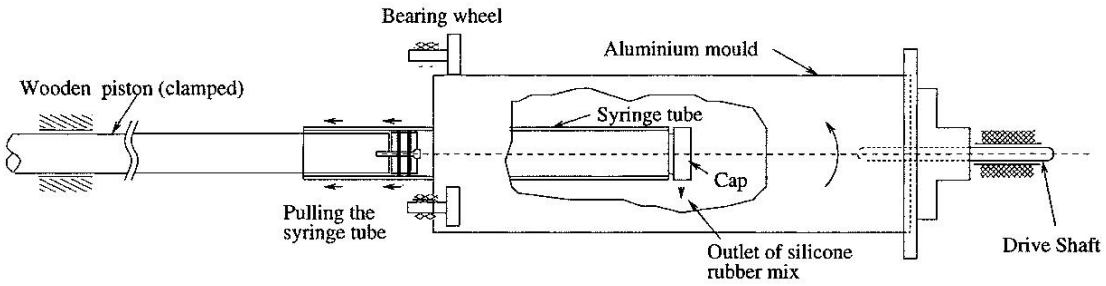


Figura 3. Detalle esquemático molde rotativo[11].

El dispositivo, similar al utilizado por Calladine & Barber, era accionado por un motor eléctrico de velocidad variable. La solución de goma siliconada (ICI Silicoset 105; ICI Silicones F111/5000, 10% en volumen; Curing Agent A, 1% en volumen) era previamente desaireada y depositada dentro del molde que rotaba con una velocidad del orden de 10-15 rpm. Una vez introducida la cantidad de solución requerida, la velocidad de rotación se incrementaba a 600 rpm hasta lograr una dispersión uniforme. El proceso de moldeo culminaba aplicando la menor velocidad por un término de entre 4 y 5 horas. Verificado el endurecimiento del material, el molde era removido de su emplazamiento y dispuesto verticalmente para verter la solución que conformaría una base inferior de 15 mm de espesor. En esa oportunidad, se moldearon un total de cinco especímenes cuya geometría se detalla en Tabla 1.

Espécimen	Espesor Promedio (mm)	Desviación Estándar en Espesor (mm)	Diámetro Externo (mm)	$\frac{R}{t}$
Cilindro 1	1.13	0.032	241	106
Cilindro 5	0.97	0.022	241	124
Cilindro 2	0.76	0.012	241	158
Cilindro 4	0.58	0.016	241	208
Cilindro 3	0.37	0.012	241	326

Tabla 1. Geometría Especímenes Experiencia de Mandal & Calladine[11].

La metodología de erección escogida era manual, aspecto que demandaba una particular coordinación por parte del grupo de trabajo. Dado que todos los cilindros fueron moldeados con alturas mayores que las longitudes críticas predichas por la teoría clásica lineal, invariablemente colapsaban en el primer intento de mantenerse estables al apoyarlos sobre su base inferior. Seguidamente, los especímenes se acortaban en el rango de 5 mm a 10 mm y se repetía el intento. En correspondencia con cada nueva altura, se desarrollaba una serie de cinco o seis conatos sucesivos; en caso de no tener éxito se continuaba el proceso hasta alcanzar un equilibrio vertical estable y registrar la longitud crítica de pandeo respectiva. La Tabla 2 presenta un resumen de propiedades materiales, modos de colapso representativos y longitudes críticas experimentales con una confidencia de ± 5 mm.

Espécimen	Espesor Promedio (mm)	$\frac{E}{\rho g}$ (m)	L_{Cr} (mm)	$\frac{R}{t}$	Modo de Colapso
Cilindro 1	1.13	119	595	106	Base
Cilindro 5	0.97	114	512	124	Base
Cilindro 2	0.76	120	331	158	Borde superior
Cilindro 4	0.58	120	230	208	Borde superior
Cilindro 3	0.37	117	100	326	Borde superior

Tabla 2. Longitudes Críticas Obtenidas por Mandal & Calladine[11].

Los modos de colapso observados resultaron análogos a los identificados en los estudios previos conducidos por Calladine & Barber en la década de 1970. La Figura 4 presenta los resultados adimensionales de σ_{Cr}/E en función de la relación R/t correspondientes a ambas experiencias.

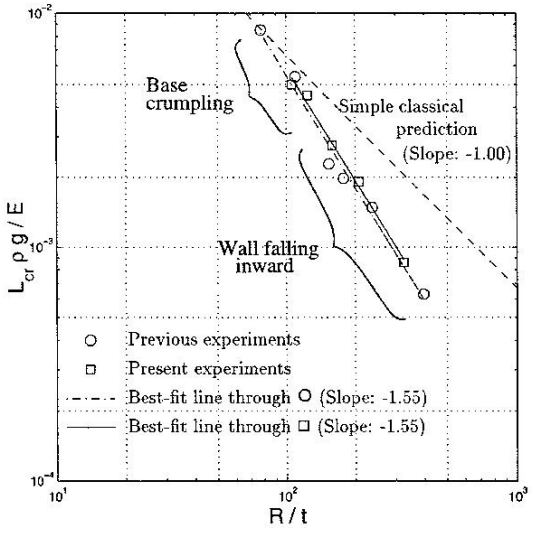


Figura 4. Resultados experimentales de Calladine & Barber y Mandal & Calladine[11].

Si bien las aproximaciones de tendencia asociadas a los experimentos previo y actual presentan pendientes prácticamente idénticas, los datos recientes resultan un 3% más altos, con una desviación estándar de 6% en contraposición con el 13% original. Convalidada la relación $\frac{L_{Cr}\rho g}{E} \propto \left(\frac{R}{t}\right)^{-1.5}$, Mandal & Calladine efectuaron la regresión lineal de los resultados experimentales de tensiones críticas de cáscaras cilíndricas sometidas a solicitación axial recopilados por Brush & Almroth[3], obteniendo una pendiente cercana a -1.5 en el gráfico logarítmico que muestra la Figura 5,

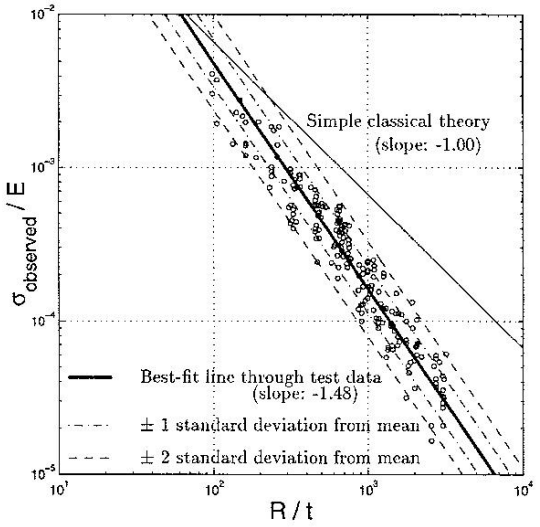


Figura 5. Regresión datos experimentales de tensiones críticas adimensionales[11].

En particular, resulta notorio que la dispersión de datos experimentales presenta uniformidad para un amplio intervalo de R/t; prácticamente, todos los valores yacen dentro del rango de 0.6 a 1.6 con respecto a la curva de regresión lineal, correspondiente a ± 2 desviaciones estándar. Cabe señalar que dichos investigadores resaltan que von Karman et al.[5] determinaron que las cargas críticas experimentales, disponibles en 1940, eran proporcionales a $(t/R)^{1.4}$, en vez de $(t/R)^{1.0}$ como predice la teoría clásica.

3. El Análisis Numérico de Mandal

Con el propósito de comprender los mecanismos del fenómeno de inestabilidad por acción del peso propio en cáscaras cilíndricas de goma siliconada con extremo superior abierto, Mandal[12] desarrolló el análisis de Elementos Finitos de algunos especímenes utilizando el Código ABAQUS con carga gravitacional variable, recurriendo al Método de Riks modificado.

En el caso particular del Cilindro 4, la imperfección inicial utilizada estaba dada por:

$$w(z,\theta) = -0.25t\left(\frac{z}{L}\right) e^{-6.9\theta^2} \cos(7\theta)\text{, Figura 6.}$$

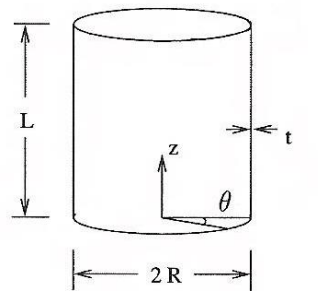


Figura 6. Geometría cáscara cilíndrica[11].

Los resultados de un análisis representativo, ilustrados en la Figura 7, muestran que la cáscara no pierde su estabilidad hasta alcanzar una carga de ***1.8g***, nivel próximo a la carga crítica lineal. Consecutivamente, la carga desciende al orden de ***1.3g***, con un desplazamiento radial muy pequeño; en postrimerías de esta etapa tiene lugar un significativo incremento de deformación conforme al patrón indicado en la Figura 8.

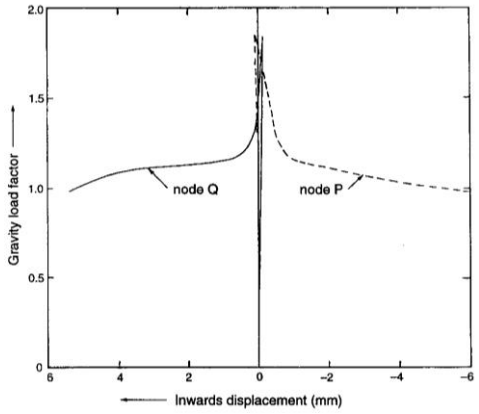


Figura 7. Gráfico factor de carga gravitacional versus deformación radial[13].

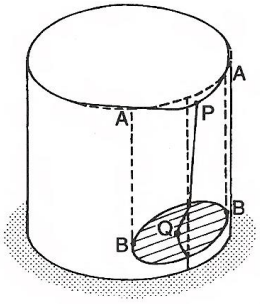


Figura 8. Representación esquemática del modo post pandeo[13].

En proximidades de la base se desarrolla una concavidad localizada, por encima de la cual, la cáscara se deforma con un simple patrón inextensional, permaneciendo sus generatrices rectas. La Figura 7 permite apreciar la aparición de una meseta post pandeo en que las magnitudes de los desplazamientos radiales asociados a los puntos ***P*** y ***Q*** resultan prácticamente iguales. Cabe resaltar que, en coincidencia con un desplazamiento del orden de 5% del radio, la carga alcanza ***1.0g***, nivel correspondiente a la inestabilidad constatada en el ensayo físico.

Basados en que las cargas críticas experimentales registradas guardan correlación con la meseta asociada a las curvas de carga-deformación numéricas, Zhu, Mandal & Calladine[13] concluyen que las cargas críticas obtenidas en los ensayos de referencia, responden a un comportamiento característico de post pandeo.

4. Modelación y Análisis por el Método de Elementos Finitos

Los ensayos de inestabilidad por acción del peso propio en cáscaras cilíndricas de goma siliconada, con base inferior sólida y borde superior libre, desarrollados por Mandal y Calladine, facilitan una base de referencia experimental libre de incertidumbres inherentes a condiciones de borde, deformaciones emergentes de restricciones en extremos y distribución de cargas axiales. La inexistencia de otros factores de sensibilidad a imperfecciones, permite implementar soluciones de inestabilidad no lineal basadas en el Método de Elementos Finitos, orientadas a determinar la efectiva incidencia de desviaciones iniciales de la geometría circular en las cargas críticas y modos de colapso asociados a los especímenes en cuestión.

La metodología de trabajo adoptada contempla instrumentar la solución "Non Linear Buckling Analysis" del Código NX Nastran, induciendo deformaciones iniciales de amplitud variable, que conforman perturbaciones de geometría análoga a la del autovector asociado a la pérdida de estabilidad del cilindro circular.

4.1. La Solución Implementada

La solución *Non Linear Buckling Analysis*[14], basada en una extrapolación cuadrática, aproxima la carga crítica de pandeo en términos del estado de carga próximo a la inestabilidad y un factor de inestabilidad crítica, conforme a

$$\{P_{cr}\} = \{P_n\} + \alpha\{\Delta P\}$$

donde, α denota al factor de inestabilidad crítica y $\{\Delta P\} = \{P_n\} - \{P_{n-1}\}$, la variación de cargas entre los estados *n* y *n*-1, próximos a la inestabilidad. En particular, el cómputo del factor de inestabilidad crítica está dado por la expresión

$$\alpha = \frac{\lambda \{\Delta U\}^T [K_n + \frac{1}{2} \lambda \Delta K] \{\Delta U\}}{\{\Delta U\}^T \{\Delta P\}}$$

en la cual

$$\{\Delta U\} = \{U_n\} - \{U_{n-1}\}$$

$$\Delta K = K_n - K_{n-1}$$

donde, λ denota al autovalor no lineal; K_n y K_{n-1}, $\{U_n\}$ y $\{U_{n-1}\}$, las matrices de rigidez y los desplazamientos evaluados en los estados *n* y *n*-1 en vecindades de la ocurrencia de inestabilidad.

4.2. El Modelo de Elementos Finitos

Con el propósito explícito de reflejar la geometría real de los especímenes ensayados y no introducir incertidumbres relacionadas con condiciones de borde, los modelos a analizar incluyen sus respectivas bases sólidas de 15 mm de espesor, cuyos bordes inferiores se consideran simplemente apoyados. La Figura 9 muestra los detalles pertinentes de medio modelo representativo.

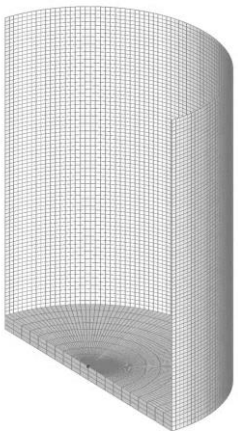


Figura 9. Geometría de medio modelo representativo.

El material es idealizado como isotrópico y lineal. Los Módulos de Elasticidad Longitudinal respectivos se obtienen de los valores consignados en la Tabla 2 y una densidad de goma siliconada curada de 1200 kg/m^3.

4.3. Geometría de la Perturbación

A efectos de establecer un parámetro representativo de la sensibilidad a imperfecciones iniciales de cáscaras cilíndricas, se adopta una perturbación con amplitud variable, de geometría coincidente con la forma del autovector no lineal asociado a la inestabilidad del cilindro circular, expresada por

$$w(\theta, z) = w_0 \; f_{axial} \cos(n\theta)$$

donde, w_0 denota la amplitud de deformación inicial, f_{axial} y n las funciones de forma axial y número de lóbulos circunferenciales asociados a la inestabilidad de los respectivos cilindros circulares.

La Figura 10 muestra la función de forma axial del Cilindros 4, fijando el origen de z en el plano superior de las bases sólidas. La Tabla 3 resume las características geométricas y los números de lóbulos circunferenciales correspondientes a los Cilindros 2, 4 y 5.

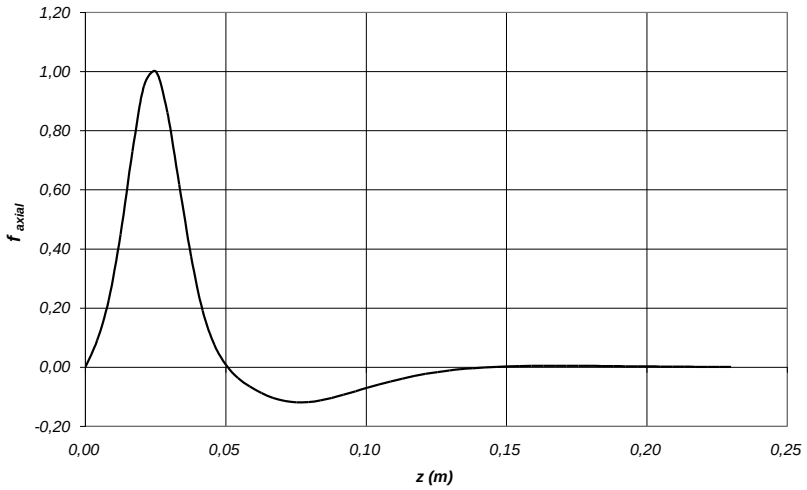


Figura 10. Función de forma axial Cilindro 4.

Espécimen	L_{Cr} (mm)	t (mm)	$\frac{R}{t}$	n
Cilindro 5	512	0.97	124	9
Cilindro 2	331	0.76	158	11
Cilindro 4	230	0.58	208	12

Tabla 3. Geometría y número de lóbulos circunferenciales.

5. El Análisis de Resultados Obtenidos

Las Figuras 11 a 13 presentan las predicciones de carga crítica en función de la amplitud de perturbación y los modos de colapso característicos de los Cilindros 2, 4 y 5.

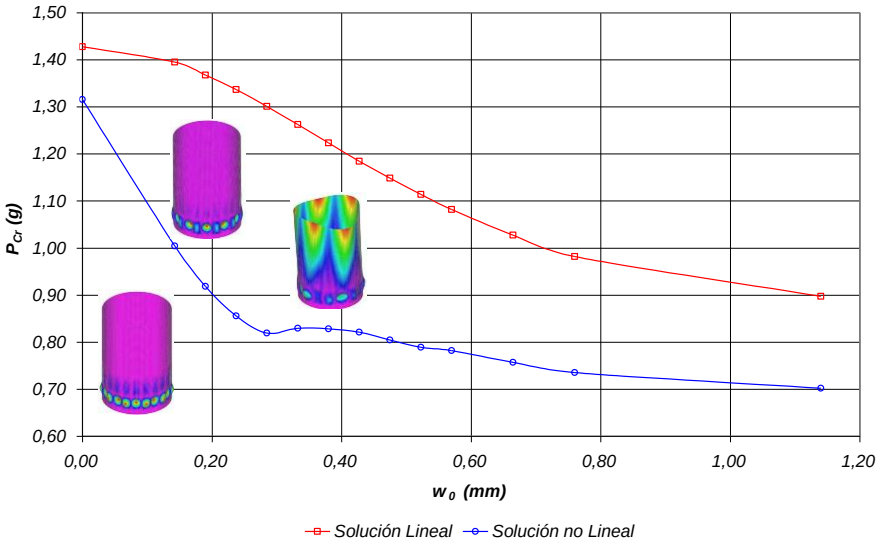


Figura 11. Curvas carga crítica – amplitud Cilindro 2.

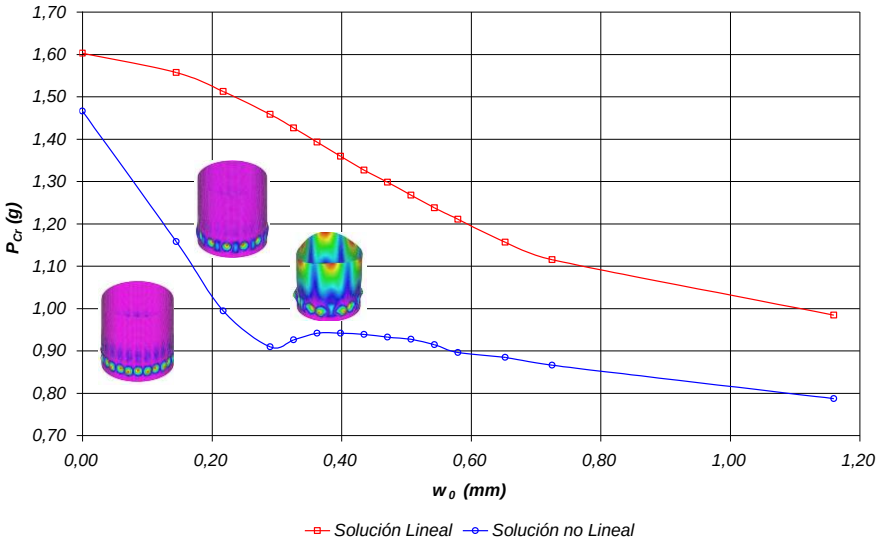


Figura 12. Curvas carga crítica – amplitud Cilindro 4.

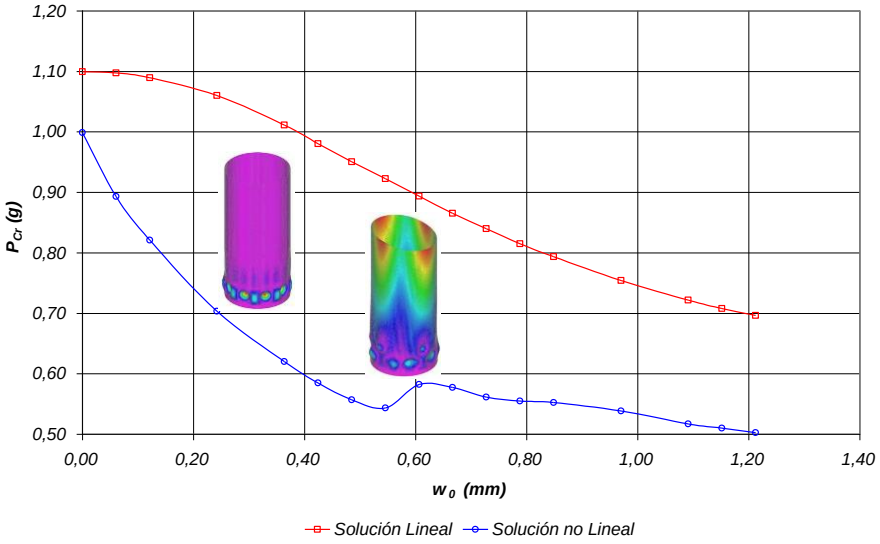


Figura 13. Curvas carga crítica – amplitud Cilindro 5.

La solución no lineal implementada permite determinar que la totalidad de modelos analizados presentan dos modos de falla de características diferenciadas: un colapso de geometría lobular, localizado en proximidades de las bases y el colapso del borde libre superior. La ocurrencia de uno u otro modo de falla es dependiente de la amplitud de la deformación inicial inducida. Ambas modalidades detectadas responden a los patrones *base crumpling* y *wall falling inward* observados en los ensayos de Calladine & Barber y Mandal & Calladine.

Las predicciones no lineales de carga crítica en función de la amplitud de deformación inicial obtenidas exhiben, como rasgo en común, tres etapas consecutivas caracterizadas por distintas leyes de variación. En una primera etapa, el incremento en amplitud de deformación inicial redunda en significativas reducciones de carga crítica, este estadio se extiende hasta que la carga crítica alcanza su mínimo relativo. En una segunda etapa, tras un incremento marginal de carga crítica, se materializa una "meseta" en que las cargas respectivas permanecen constantes para propósitos prácticos. En una tercera etapa, se retoma la tendencia descendente, con pendientes sensiblemente menores que las verificadas en la fase inicial. La extensión de las mesetas características disminuye a medida que aumenta el espesor y altura del espécimen considerado; el inicio de las mismas resulta más temprano para los especímenes de menor espesor y altura.

La primera y segunda etapas reseñadas precedentemente exhiben modos de falla distintivos. Mientras que el colapso lobular localizado en proximidades de la base es propio del desarrollo de la primera etapa, el colapso del borde libre superior está asociado a la meseta de carga crítica. En este contexto, cabe correlacionar los modos de falla determinados numéricamente con aquellos observados experimentalmente. El modo de falla observado en los Cilindros 2 y 4, que responde a la modalidad de colapso del borde libre superior, permite inferir que sus cargas críticas experimentales guardan relación directa con las respectivas mesetas características emergentes del análisis numérico. El modo de falla *base crumpling* observado en el Cilindro 5 y la magnitud de carga crítica numérica reflejan el colapso propio de un espécimen de geometría prácticamente circular.

Adoptando como cargas críticas de los Cilindros 2 y 4 las asociadas a las mesetas características correspondientes y como carga crítica del Cilindro 5 la computada para la condición circular, la regresión lineal de predicciones numéricas presenta una pendiente del orden de ***-1.6*** en el gráfico logarítmico de la Figura 14. La curva respectiva yace entre los resultados experimentales y la aproximación de Mandal & Calladine.

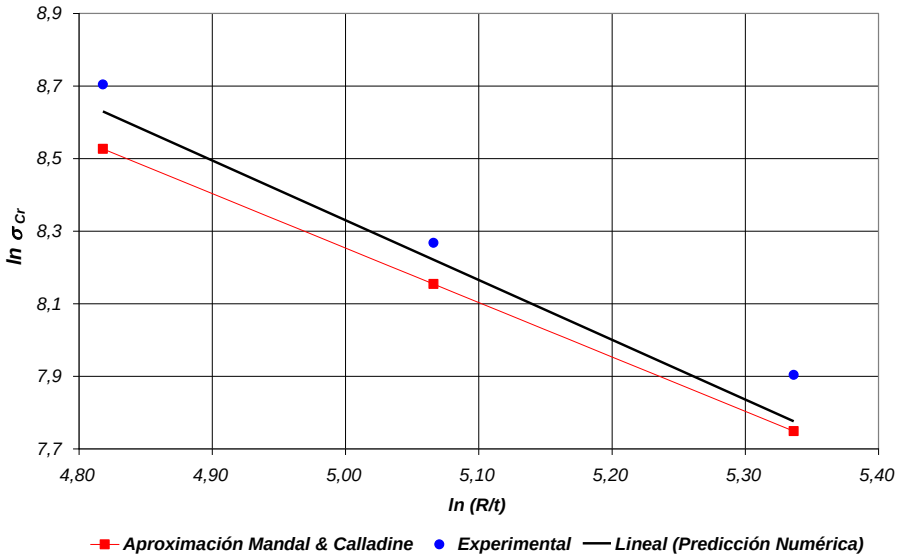


Figura 14. Regresión de resultados.

6. Conclusiones

La totalidad de modelos analizados presentan dos modos de falla de características diferenciadas: un colapso de geometría lobular, localizado en proximidades de las bases y el colapso del borde libre superior. Ambas modalidades responden a los patrones observados en los ensayos de Calladine & Barber y Mandal & Calladine. La ocurrencia de uno u otro modo de falla es dependiente de la amplitud de la deformación inicial inducida.

Las distintas predicciones no lineales de carga crítica en función de la amplitud de deformación inicial obtenidas exhiben, como rasgo en común, una "meseta" en que las cargas respectivas permanecen constantes para propósitos prácticos. El inicio y la extensión de dichas mesetas características son dependientes del espécimen considerado.

El modo de falla por colapso lobular localizado en proximidades de la base es propio de la primera etapa de las curvas de carga crítica deformación inicial; el colapso del borde libre superior está asociado a la mesetas características.

La correlación de los modos de falla determinados con aquellos observados experimentalmente permite inferir que las cargas críticas experimentales correspondientes a los Cilindros 2 y 4 guardan relación directa con las respectivas mesetas características emergentes del análisis numérico. La carga crítica experimental del Cilindro 5 refleja el colapso de un espécimen de geometría prácticamente circular.

La regresión lineal de resultados obtenidos faculta a concluir que las tensiones críticas inherentes a los Cilindros 2, 4 y 5 son proporcionales a $\left(\frac{t}{R}\right)^{1.6}$.

Referencias

(1) Timoshenko, S. P. & Gere, J. M., Theory of Elastic Stability, Chapter 11, McGraw-Hill, 1961.

(2) Donnell, L. H. & Wan, C. C., Effect of Imperfections on Buckling of Thin Cylinders and Columns under Axial Compression, Journal of Applied Mechanics, Vol. 17, Nº 1, 1950.

(3) Brush, D. O. & Almroth, B. O., Buckling of Bars, Plates and Shells, McGraw-Hill, 1975.

(4) Donnell L. H., A New Theory for the Buckling on Thin Cylinders under Axial Compression and Bending, Transactions of the American Society of Mechanical Engineers, november 1934.

(5) von Karman, T., Dunn, L. G. & Tsien, H., The Influence of Curvature on the Buckling Characteristics of Structures, Journal of the Aeronautical Sciences 7, 1940.

(6) von Karman, T. & Tsien, H., The Buckling of Thin Cylindrical Shells under Axial Compression, Journal of the Aeronautical Sciences 8, 1941.

(7) Koiter, W. T., On the Stability of Elastic Equilibrium, Ph.D. Thesis, Delft, 1945.

(8) Babcock, C. D. Jr., The Buckling of Cylindrical Shells with an Initial Imperfection under Axial Compression Loading, Ph.D. Thesis, California Institute of Technology, 1962.

(9) Arbocz, J. & Babcock, C. D., The Effect of General Imperfections on the Buckling of Cylindrical Shells, Transactions of the ASME, march 1969.

(10) Calladine, C. R., Barber, J. N., Simple Experiments on Self-Weight Buckling of Open Cylindrical Shells, Journal of Applied Mechanics, Transactions ASME 1970.

(11) Mandal, P., Calladine, C. R., Buckling of Thin Cylindrical Shells under Axial Compression, International Journal of Solids and Structures 37, 2000.

(12) Mandal, P., Buckling of Thin Cylindrical Shells under Axial Compression, Ph.D. Thesis, University of Cambridge, Department of Engineering, 1997.

(13) Zhu, E., Mandal, P., Calladine, C. R., Buckling of Thin Cylindrical Shells: an Attempt to Resolve a Paradox, International Journal of Mechanical Sciences 44, 2002.

(14) NX Nastran, Handbook for Nonlinear Analysis (SOL 106).

LA BÚSQUEDA DE LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA INDUSTRIA NAVAL.

Por: Ing. Juan Antonio Alonso
Juan A. Alonso & Asociados
Jaalonso@arnet.com.ar

RESUMEN

Los costos de la industria naval son semejantes a los de otras industrias: materiales, equipos y herramientas, mano de obra directa e indirecta, y el siempre importante costo del capital empleado durante el período de construcción.

La mejoría de la productividad en conjunción con la calidad de la industria naval en el mundo entero es un tema de interés para todos los que estamos involucrados con esta actividad. Examinaremos algunos obstáculos que la industria de la construcción naval enfrenta hoy, industria esta en la cual a necesidad de aumentar la productividad, manteniendo buenos niveles de calidad, es un desafío especial.

Citaremos algunas herramientas tecnológicas y gerenciales que están a disposición de los astilleros en la búsqueda de un aumento de la productividad y de la mejora de la calidad. Serán citadas y analizadas algunas experiencias de la industria, principalmente Europa, Oriente y América del Norte.

LA BÚSQUEDA DE LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA INDUSTRIA NAVAL.

En mis periódicos viajes por distintos países de Latinoamérica, cumpliendo funciones como asesor del IPIN (Instituto Panamericano de Ingeniería Naval), he podido comprobar el estado en que se encuentra nuestra industria naval (excluyendo el Brasil). No quiero con esto hacer una critica, muy por el contrario, quiero, tan solo, despertar la inquietud de que agucemos el ingenio en la búsqueda de condiciones de trabajo que mejoren la productividad.

En principio no puedo menos que rememorar algunos trabajos anteriores. En los últimos años del siglo que paso se decía que: Dinamarca, Italia y El Reino Unido habían sufrido una caída muy significativa de nuevos pedidos para la construcción de embarcaciones de ultramar. Paralelamente los principales astilleros de los EE.UU. No tuvieron un solo pedido de buques comerciales. En cambio la industria asiática, que ya en los últimos años de la década del setenta, respondían con el 34% de la construcción naval comercial del mundo, pasaron para el 65% a principio de los años 90.

Los hechos comentados arriba muestran que en la industria naval la única constante es el cambio y que será una constante garantida. El curso de los primeros años de este siglo nos indica que la situación de la industria naval asiática ilustra bien este aspecto (ver figura: 1)

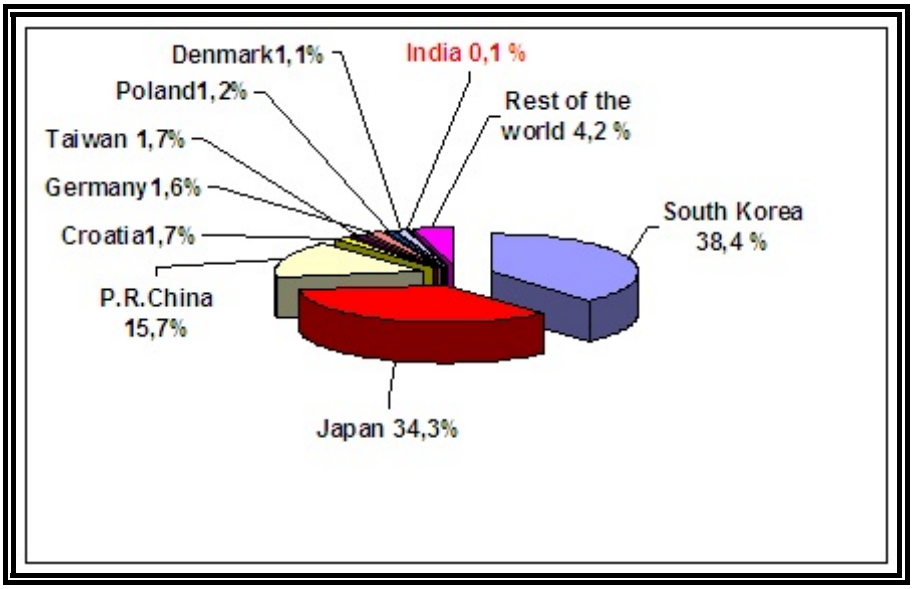


Figura 1

Entretanto la industria naval coreana y japonesa se encontrarán forzados a competir con la creciente industria de la construcción naval de la República Popular China. Dada la ventaja de los salarios más bajos, China podrá expandir su participación en el mercado e incluso rivalizar o ultrapasar su situación dentro del mercado asiático.

No nos olvidemos que mucho del desarrollo de la industria naval asiática se debe a la aplicación de tecnologías (sobretodo comenzando por la industria japonesa) que los llevaran a un aumento de la productividad acompañada siempre por una mejora de la calidad.

La flexibilidad de adaptarse a los cambios de forma constructiva es la característica más importante que cualquier individuo, comunidad, nación o industria debe de desenvolver. La cuestión es. ¿Hasta que punto estamos dispuestos a desarrollar la capacidad de ser flexibles?. ¿Hasta que punto responderemos a las condiciones de cambios constructivamente?. O permaneceremos vegetado con tecnologías ultra pasadas que traban la búsqueda de un camino que nos lleve a un resultado más beneficioso.

La industria naval mundial es cíclica y dinámica; altamente intensiva en el uso de mano de obra, caracterizada por una estructura económica vinculada a los niveles de salarios. Así, por ejemplo cuando en la industria naval coreana se pagaba U$S1,69 por hora proporcionando una ventaja dramáticamente obvia sobre el salario medio de U$S15,50 por hora de la construcción naval europea. Entretanto, los elementos económicos de la construcción naval no son tan simples.

Revistas especializadas han destacado siempre que la industria de la construcción naval europea recibe subsidios (de sus respectivos gobiernos) con el objetivo de eliminar la diferencia entre sus costos con loa costos de la industria naval asiática. No obstante esas ventajas la industria de la construcción naval europea tiene o han utilizado esos subsidios para alentar el desarrollo de los métodos de fabricación y por ende la construcción de buques de alta tecnología, como por ejemplo: Cruceros de turismo, Químiqueros, Roll on - Roll off, Porta conteiner, Supply vessel, etc.

Otra área importante para la reducción de costos es la tendencia al uso de aceros de alta resistencia, y por ende se requerirán menores espesores, lo que significara menor peso; aceros inoxidables del tipo “Dúplex”, etc.

Es importante considerar que la industria naval se apoya fundamentalmente en tres grandes pilares que son: el corte, la soldadura y la pintura, y dos de estos pilares son afines corte y soldadura.

Para la tecnología de la soldadura el problema de la soldabilidad de los aceros de alta resistencia, es la sensibilidad al hidrógeno, causante de la formación de fisuras. Si bien es cierto que se han desarrollado consumibles con muy baja incorporación de hidrógeno, Da fastidio o pena ver que en algunos astilleros de nuestro continente aún siguen utilizando electrodos revestidos del tipo celulósico tipo: E-6011.

Si analizamos esto desde el punto económico tendremos: que haciendo un estudio comparativo de rendimientos nos encontraremos que partiendo del precio por kilo de los consumibles.

AWS E-6011 diam. 4.00 mm. x 350 mm. = U$S 5,41/kg.
AWS E-6013 diam. 4,00 mm. x 350 mm. = U$S 4,78/kg.
AWS E-7018 diam. 4,00 mm. x 450 mm. = U$S 5,66/kg.
AWS E-70S6 diam. 0,90 mm. = U$S 4,97/kg.

Se realizaron ensayos aplicando un amperaje medio, para los cuatros mismos productos, obteniendose los siguientes resultados:

Para el AWS E-6011: U$S 19,63 por kg./metal depositado.
Para el AWS E-6013: U$S 19,92 por kg./metal depositado.
Para el AWS E-7018: U$S 16,96 por kg./metal depositado.
Para el AWS E-70S6: U$S 13,12 por kg./metal depositado.

Habría de destacar que el rendimiento de los procesos fueron afectados a razón del 30% para el electrodo revestido y del 60% para el alambre sólido.

Los valores de mano de obra fueron extraídos del convenio metalúrgico vigente a mayo del 2009 (en la República Argentina) para la categoría oficial y considerando las cargas sociales en el orden del 50%.

De este análisis podemos deducir que un simple cambio en el tipo de revestimiento ya

obtendríamos una mejora en la productividad, pero si cambiáramos para el proceso semi-automático utilizando alambres sólidos (cosa que muchos astilleros ya han realizado), la mejora de la productividad sería mucho mayor.

Pero si en vez de utilizar un alambre solido utilizáramos alambres tubulares, no solo pudríamos mejorar la productividad (ver figura: 2), sino que también mejoraríamos la calidad metalúrgica. lo cual, sin dudas, facilita la soldabilidad de los aceros de alta resistencia o de grano fino.

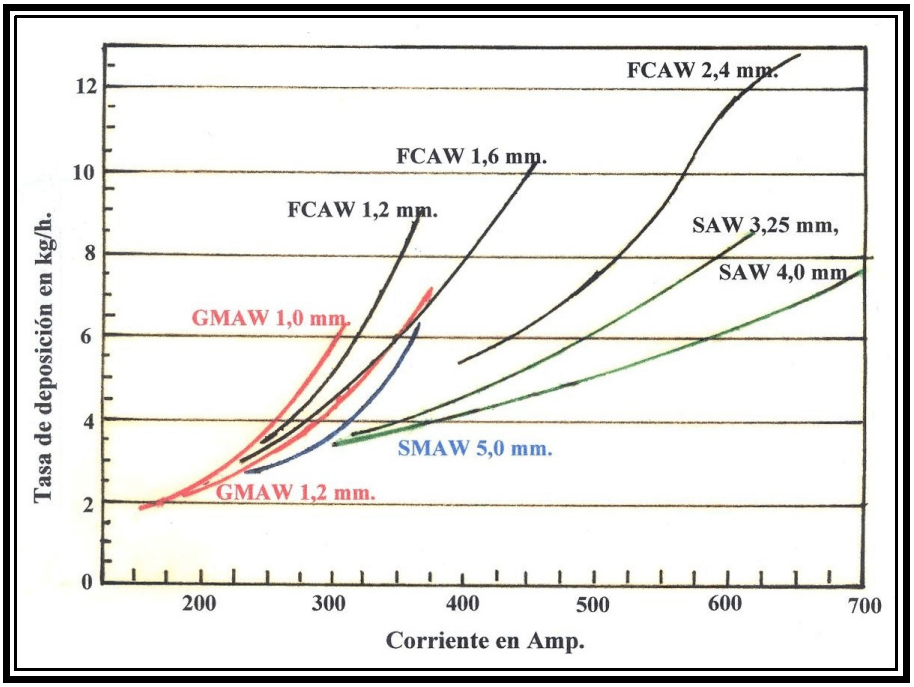


Figura 2

Es obvio que una mayor productividad significa una mayor eficiencia, menos mano de obra directa e indirecta, menor tiempo de fabricación y, por lo tanto, menor costo de capital. Si bien los electrodos revestidos podrán continuar siendo usados en algunas operaciones, por causa de su flexibilidad inherente y facilidad de uso en áreas restringidas, deben de ser estimulados los esfuerzos para usar procesos de soldadura semi-automática y automática en las aplicaciones de la industria naval.

Para poder tener aceptación en los astilleros, los fabricantes de equipos para la soldadura semi-automática han fabricado, alimentadores de alambre menores y mas livianos para facilitar las operaciones de soldadura en los espacios mas reducidos del buque, como ser dobles fondos, tanques, etc.; la palabra llave es: compactibilidad, no solo en los alimentadores de alambre si no también en torchas, de modo de permitir la sustitución de la mayor cantidad de electrodos revestidos, La flexibilidad de el monoblock o manguera de la torcha también es importante en la reducción de la fatiga

del soldador.

En un articulo publicado, tiempo atrás, por la revista Rotación, se comentó que en el astillero "Ødense - Lindo" de Dinamarca, donde trabajan 1.500 personas, de las que unas 500 son soldadores (33,3% de la fuerza de trabajo), alcanzando una producción anual de 390.000 toneladas de registro bruto. Este astillero es famoso por sus proyectos avanzados como por ejemplo el de grandes porta-containers (hace poco tiempo entregaron el porta-containers más grande del mundo (ver figura: 3), realizaron varios cambios visando la economía en los costos de soldadura.



Figura 3

Con la sustitución del electrodo revestido por el alambre tubular y la aplicación de la técnica de soldadura unilateral con respaldo cerámico se obtuvo una considerable reducción de los costos de corte y soldadura, del orden del 27%, que corresponden a aproximadamente 4.000 mts. de soldaduras longitudinales.

Un trabajo similar fue realizado, tiempo atrás, en los Astilleros EBIN en Niterói (estado de Río de Janeiro - Brasil) (ver figura: 4), donde cada tres meses se entregaba un buque, y cuyos primeros resultados fueron presentados en uno de los Encuentros Nacionales sobre Tecnología de Soldadura en Brasil. En aquella oportunidad también fue necesario perder el miedo y luchar contra las dificultades

que toda mudanza involucra, (Recordemos las leyes de Murphy. "Siempre que algo pueda dar errado, dará").



Figura 4

En aquella oportunidad la labor realizada, por el astillero fue: volcarse hacia los proceso de soldadura semi-automáticos utilizando alambres tubulares, realizar las soldaduras por el método “one-side-welding” (soldadura uni-lateral) con respaldo cerámico y, la construcción de una linea para el armado de paneles planos y una cuna para los paneles curvos, ambos realizados con chapas, perfiles o tubos sobrantes o de chatarra.

Lo que habría de destacar es, que la palabra **Ingeniería** proviene de **Ingenio**, y esta ultima, según el diccionario de la Real Academia Española, significa: ***“Facultad del hombre para discurrir o inventar con prontitud y facilidad” o “Industria, maña y artificio de uno para conseguir lo que desea”***.

La búsqueda del aumento de la productividad debe comenzar con el proyecto del buque para

que el uso de los elementos que hagan al mejoramiento de dicha productividad, sean aprovechados al máximo, y de está forma obtener los mejores resultados. Es preciso pensar donde los operarios o soldadores gastan su tiempo y por tanto el dinero.

Un ejemplo seria la utilización de equipos que automaticen totalmente los procedimientos de soldadura semi-automáticos, como por ejemplo podemos apreciar en las fotografías a continuación.

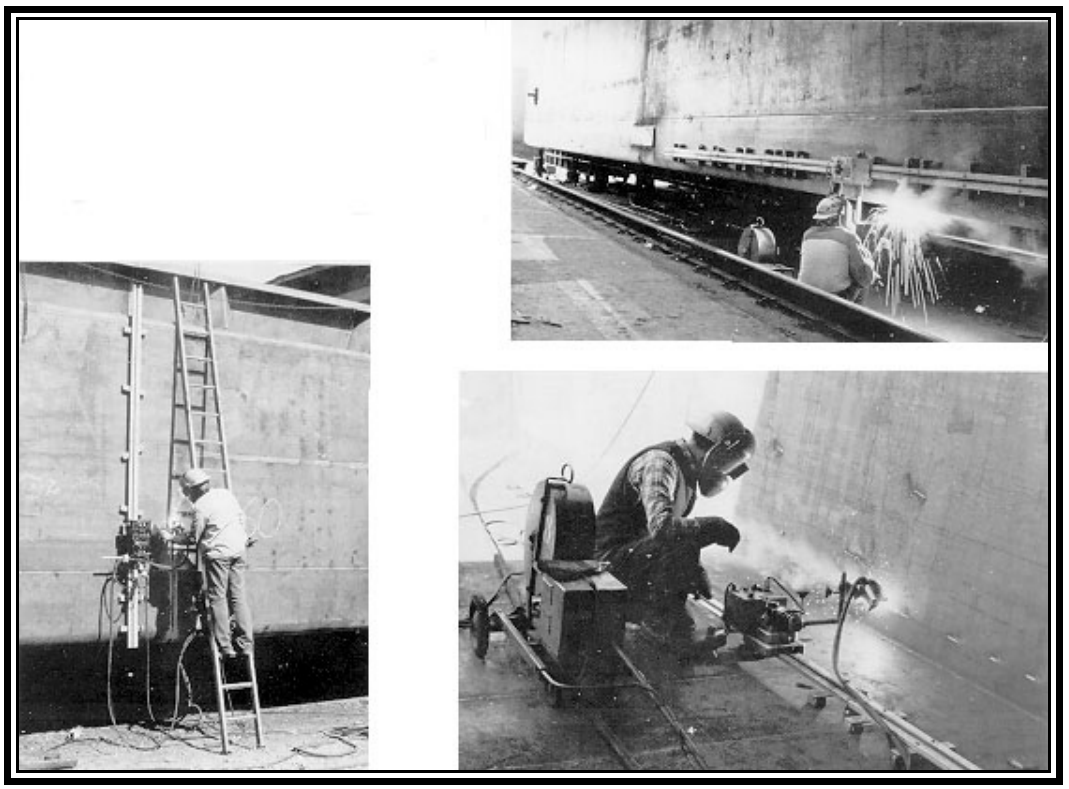


Figura 5

Examinemos ahora el factor humano. Para facilitar la aceptación a los cambios que cualquier nueva tecnología provoca, precisamos "vender" y demostrar, de forma eficaz, sus reales ventajas. "Vender" la idea de un aumento de la productividad a la alta administración de la empresa no es la cuestión, ya conoce la idea y debería estar dando su apoyo. Más alla de la alta administración, mantener un apoyo consistente a la mejora de la productividad, de las personas que realmente van usar esas tecnologías redunda, fundamentalmente, en mostrar cual es el beneficio que habrá para ellas.

Dos puntos que podrían establecerse para mejorar la productividad de un astillero podrían ser:

A) - Estimular la investigación y desarrollo abiertos, no solo en la metalurgia de la soldadura de los aceros de baja aleación o de alta resistencia, si no también en dar atención especial a métodos de

construcción eficaces en costo. Comenzar esto con el proyecto del buque usando recursos de la informática.

B) - Instituir un apoyo para una mayor automatización, dando énfasis a los elementos, equipos o métodos que faciliten la labor, dando premios o incentivos cuando, en determinado periodo mostrasen los resultados satisfactorios.

Se ha dicho que las personas son resistentes a los cambios, no obstante en la realidad la capacidad de cambiar es una de las más valiosas características del ser humano. Las personas pueden cambiar y cambiarán su manera de hacer las cosas, si fuese encontrada la motivación adecuada. El mundo de hoy exige que cada uno de nosotros sea adaptable y versátil. Las personas, ciertamente, serán más productivas cuando percibieren que será en su propio beneficio.

Por causa de los gastos generales de los astilleros, sus costos son muy difíciles de ser reducidos. De hecho, la construcción de buques no envuelve la repetición de un procedimiento especifico todos los días, no obstante los mayores problemas pueden proporcionar las mayores oportunidades. En una industria donde el factor humano es un punto critico para el suceso, programas de incentivos pueden dar resultados impresionantes.-

LA EXPERIENCIA EN LA CAPACITACIÓN DE LOS RR.HH. EN EL ÁREA DE LA SOLDADURA.

Por: Ing. Juan Antonio Alonso
Juan A. Alonso & Asociados
jaalonso@arnet.com.ar

RESUMEN

Se expondrán cuales son los requerimientos de la industria, los problemas que se presentan y los resultados obtenidos en las ultimas décadas, considerando no solo la formación o el perfeccionamiento de los soldadores, sino también de técnicos e ingenieros. También se evaluará la importancia de cursos de especialización o extracurriculares para el desarrollo de los diversos segmentos de la industria, ya que en estos momentos el avance tecnológico, el conjunto de productividad, calidad y bajo costo, son factores imprescindibles de la competitividad industrial, y esto pasa inevitablemente por el adecuada capacitación de los recursos humanos en el área de la soldadura.

LA EXPERIENCIA EN LA CAPACITACIÓN DE LOS RR.HH. EN EL ÁREA DE LA SOLDADURA.

En los últimos años se ha dado que siempre que nos reunimos con profesionales o empresarios de la comunidad industrial, analizamos la escasa, y en muchas ocasiones nula, presencia de la soldadura en los planes formativos en las distintas carreras técnicas vinculadas con la industria metal-mecánica, entre ellas, naturalmente la industria naval.

Esta realidad ya la venimos sufriendo desde la época de mi ingreso en la universidad, e inclusive desde mucho antes, siempre que la palabra soldadura sale a colación, en alguna reunión técnica, se da tangencialmente. Este hecho continúa presente y son honrosas las excepciones que contradicen esta realidad.

Y hasta nos hemos olvidado que fue la industria de la construcción naval la que aportó innumerables adelantos a la tecnología de la soldadura. Parece increíble que una actividad tan presente, y en muchos casos vital para los procesos productivos del tejido empresarial de toda Latinoamérica, no este contemplada en los planes formativos.

Dado que parece ser una situación que no va a cambiar, por lo menos por ahora, la única solución para formar aquellos técnicos que dentro de su vida profesional tengan relación con la soldadura, tanto en lo que se refiere al proyecto como a la fabricación, inspección, etc., es recurrir a algún organismo externo que los prepare.

No obstante, y dentro de mi experiencia como ex sub director técnico de un Centro de Tecnología de Soldadura y actualmente como asesor del IPIN, vengo detectando un creciente desinterés entre las empresas por la formación en materia de soldadura y de todos otros temas relacionados con ella, y me gustaría destacar algunas de las posibles causas:

1°: Las empresas demandan cada vez más “formación a la carta”, es decir una formación que esté perfectamente adecuada a sus necesidades, buscan formación concreta sobre cuestiones

particulares.

2°: Se supone que para las empresas es un problema importante el hecho de prescindir de uno ovarios de sus técnicos o soldadores durante varios días, en ese caso son más favorables a la participación en seminarios o jornadas de solo un día o a la formación en horarios reducidos, es decir, únicamente de mañana o tardes, no en jornada completa.

Estas causas, junto con otras, traban el interés del empresariado por la formación y habría que tenerlas en cuenta a la hora de elaborar un programa de cursos. Por otro lado cabe analizar o hacernos una pregunta,¿qué estamos haciendo con la formación o capacitación en el área de la soldadura?, y de inmediato aparecen varias respuestas:

a) - Un comercio (seudo instituciones o centros de capacitación, etc.)

b) - Una forma para que aquellas personas que ganan poco, incrementen sus salarios.

c) - Una forma de ayudas o subvenciones a grandes empresas, sindicatos o PyMes.

d) - Elevar el nivel de los conocimientos tecnológicos o mejorar las habilidades de las personas que actúan directamente en las actividades de soldadura o reciclarlas.

Creo que no preciso aclarar, que esta última reflexión es la más me interesa.

Como persona que vive y gusta de la soldadura y su tecnología, observo con cierta desazón que se montan cursos de información o de posgrado en diversas instituciones o facultades sobre nuevas tecnologías de soldadura y se refieren a procedimientos como: electrodos revestido, semiautomática o con electrodo de tungsteno o también cursos sobre Tecnología de la Soldadura incluyendo temas como: Introducción, La soldadura como forma de unión metálica, Física del arco eléctrico, Transferencia metálica, Aporte térmico, Procesos de soldadura por arco eléctrico, Metalurgia de la soldadura, Calidad en las uniones soldadas, etc., en 32 horas. Todo indica que hacen falta mas hora cátedra para tanto programa, o no puede profundizar el conocimiento en tan poco tiempo.

Por otro lado ¿hacen falta tantos soldadores?. Yo diría que sí, durante la realización del último COPINAVAL, en la ciudad de São Paulo - Brasil, visité la Asociación Brasilera de Soldadura y escuché el comentario de que en los avisos clasificados de los periódicos se solicitaban soldadores calificados para empresas de los EE.UU., hecho, posteriormente, el comentario con nuestro amigo Marvin Gutiérrez de Méjico me dice que en su país pasa exactamente lo mismo. Es decir que no hay muchos soldadores que reúnan las características y conocimientos para lograr una calificación por algún organismo de certificación internacional.

Para la formación de un buen soldador se requiere, primero, que posea una gran habilidad manual, y no todas las personas reúnen esta característica, y en segundo lugar, de algunos conocimientos teóricos básicos. Hoy en día, en el mundo laboral de la soldadura, no hay cabida para un soldador que no tenga un conocimiento sobre lo que significa, por el pre-calentamiento, la velocidad de desplazamiento o un enfriamiento lento.

Una de las prioridades sería formar adecuadamente a los que ya lo son y hacerles, después, un acompañamiento en obra y sobre todo prepararlos para las tecnologías actuales, como por ejemplo soldadura de aceros de alta resistencia o de grano fino, aceros inoxidables tipo “Duplex”, soldaduras de alta velocidad y rendimiento, automatismos, plasma, etc.

La formación de soldadores en centros de capacitación, es limitada, primero por los costos. Si estos centros no dependiesen del estado o de alguna camara que agrupe a la industria, estos cursos tendrían un costo elevado; pensemos un poco: maquinas o fuentes de poder para la soldadura, herramientas, consumibles, material base, elementos de seguridad, electricidad, etc. ¿como se costearía todo eso?. Segundo está comprobado que el individuo salido de estos centros no logra un buen desempeño en la obra o empresa o en el astillero, puede tener el conocimiento de como se enciende y se mantiene el arco eléctrico, pero resolver las situaciones o dificultades propias de cada trabajo, eso solo se aprende en la obra o en el propio astillero.

El otro conjunto de individuos, vinculados con el quehacer de la soldadura es el de los encargados o supervisores, que con muy buena voluntad y algunos conocimientos prácticos, hacen de eslabón entre el departamento técnico o ingeniería (la teoría) y la ejecución de la

tarea (la práctica) pero desgraciadamente con escasa base teórica y que en la realidad su tarea se reduce, en la mayoría de los casos, a transmitir ordenes; muy pocas veces se ven a encargados o supervisores tomar la pinza porta electrodos o la torcha, etc. y enseñar o dar indicaciones, a sus comandados, de como debe de realizarse el trabajo. Aquí en este punto es quizás donde tengamos que cargar más los esfuerzos y conseguir que estos buenos profesionales completen su formación y vean, con buenos ojos, que los tiempos han cambiado y, con ellos también deberían cambiar.

Por todo lo expresado en esta presentación, me animo a difundir que las falencias sobre el tema de la tecnología de la soldadura cubre todos los aspectos de la formación de los profesionales que actúan en este campo. Desde el nivel universitario donde en algunas facultades, los conocimientos que se imparten sobre soldadura son escasos y a veces hasta nulos. pasando por la formación de técnicos o de perfeccionamiento de supervisores en el área de soldadura, hasta concluir en la capacitación de los propios soldadores.

La soldadura es una herramienta muy importante para la construcción naval, igual o más que para cualquier otro tipo de industria, y sin embargo son las mismas empresas las que no les dan mucha atención, prefieren hacer un remiendo a hacer un trabajo de calidad.

Creo que tendremos que llamar a otros soldados para esta guerra, y me explico: si las empresas no se sensibilizan por la calidad de lo que están produciendo, seria el caso de llamar la atención a través de los Colegios o Asociaciones de Ingenieros, haciendoles ver que ningún país puede aspirar a crecer si no toma en serio la cuestión de la calidad, y es por eso tenemos que presionar a las empresas. ¿Y como hacerlo? Recomendando a sus asociados a insistir en las respectivas las empresas a mejorar de los niveles de calidad en soldadura, considerando mayormente que el producto final del trabajo de los ingenieros, por presentarse mal hecho, disminuye el valor de la propia gestión que está bajo la responsabilidad de los mismos ingenieros. Para esto, los Colegios o Asociaciones de Ingenieros deberían promover cursos de especialización o reciclado en soldadura para sus asociados, otorgandoles el correspondiente certificado.

Convengamos en lo siguiente: ¿Como puede ser, y en estos momentos tenemos el caso de un país Latinoamericano, donde, por ejemplo, sus soldadores constituyen un gremio aparte,

con sus propias reglas y formación, pretender hacer buques de guerra con la misma calidad de los que se construyen en Europa actualmente? De ese programa militar están previstas algunas fragatas, las primeras hechas en Europa y las restantes en el propio país, a través tal vez de lo que hayan aprendido los oficiales de la misión naval militar. Sin embargo, como esos oficiales pueden aplicar sus conocimientos en un Continente en donde el material humano, específicamente el soldador, no está al mismo nivel de Europa?

Podrán hasta mismo decir que la soldadura no está perfecta pero está aceptable, pero ¿cuantas horas más se gastarán entre soldar y re-soldar por cuenta de su baja calidad profesional? Y más tarde, cuando necesiten entrar a dique para el mantenimiento periódico regular, ¿como resolverán el problema de las posibles fisuras producidas por las tensiones que no supieron como evitar?

En países como los nuestros, con escasos recursos, valdrá la pena ahorrar en formación y reciclado profesional para gastar mucho más adelante?

Sería el caso quizás de apelar para las Armadas, plantearles una posición en defensa del refinamiento de las construcciones navales en sus países, y desde luego elevar los salarios de los soldadores 5 estrellas, para que no se embarcaran para Europa, anulando así los esfuerzos para elevar la capacitación profesional nacional.

Hagamos algo en pro del aumento de la capacidad, la eficiencia y de la mejora de la calidad y por supuesto de la productividad de nuestra industria naval.-

PROYECTO GOLETA DEL BICENTENARIO



"SANTA MARIA DE LOS BUENOS AYRES"

Capitán de Navío Ingeniero Naval (RS) Jorge Luis Canoura

Armada Argentina

jlcanoura@ara.mil.ar

www.escuelagoleta.org.ar

RESUMEN

La Fundación Escuela Goleta del Bicentenario creada en abril de 2007, el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y el Ministerio de Defensa - Armada Argentina están llevando acabo la construcción de la Goleta del Bicentenario " SANTA MARIA DE LOS BUENOS AYRES" cuya botadura está prevista para el año 2010. Esta embarcación, diseñada por Germán Frers, estará destinada a fortalecer la conciencia marítima de la ciudadanía, en especial de la juventud, pudiendo embarcar a personas con capacidades diferentes.

La construcción será en Acero Naval Grado A y acero F24; sus escantillones calculados según las reglas de la Sociedad de Certificación RINA. (www.rina.it); una estructura fuerte y relativamente liviana. La cubierta de acero irá revestida de teca. La arboladura será de aluminio naval. Lastre fijo de plomo. Será equipada con un motor auxiliar de 1000 HP, dos generadores, hélice transversal de proa y un sistema de control de timones mecánico/ hidráulico. Los tanques y depósitos integrales de agua, combustible, aguas servidas, aceite y lastre darán a la goleta unas 3000 millas de autonomía a motor. La construcción se lleva a cabo en el Astillero TANDANOR ubicado en Dársena Sur, Ciudad de Buenos Aires.

Se ha optado por un velamen de bergantín goleta con mayor cangreja y escandalosa, por su versatilidad y la necesidad de ofrecer la posibilidad a los tripulantes de probar las emociones de los gavieros. Salvo en el caso de las velas cuadras que serán usadas únicamente con vientos portantes, la geometría del aparejo y la superficie de las velas facilitan un esquema de reducción simple y equilibrada de la superficie vélica sin necesidad de maniobras complicadas, mediante el simple recurso de enrollar alguno de los foques o cuchillas, o arriar la mayor.

LA VISION

La Escuela Goleta "Santa María de los Buenos Ayres" se concibe como un Velero Escuela, en el cual jóvenes y adultos de todo el país, de países amigos de la región y de Iberoamérica, experimenten su primer contacto con la vida a bordo y recorran el litoral marítimo y fluvial, tomando conciencia de su vastedad y potencialidad.

La Goleta es tanto escuela como espacio de comunicación e integración. Navegar, trabajar, aprender y divertirse juntos genera las condiciones ideales para la amistad, el diálogo y la confianza, puntos de partida indispensables para la construcción de cualquier proyecto común.

¿Por qué un Velero?

La navegación a vela es reconocida como una experiencia que permite descubrir y fortalecer cualidades personales esenciales para el liderazgo y el trabajo en equipo. En un velero, el rigor del mar permite generar una acabada visión de la dimensión del hombre frente a los obstáculos, desafíos y oportunidades, que la vida presenta. Allí el trabajo en equipo constituye la única opción y el hombre fortalece su carácter para el logro del objetivo compartido. Existen más de 70 veleros en el mundo que llevan a la práctica estos conceptos. Saltan de puerto en puerto con jóvenes que cumplen a bordo un período curricular de sus escuelas secundarias o universidades. Esos planes de estudio se centran, no sólo en adquirir las habilidades marineras necesarias sino, fundamentalmente, en el valor de la navegación a vela para la formación del carácter y las aptitudes de liderazgo.

La Escuela Goleta "Santa María de los Buenos Ayres" llevará a sus jóvenes *grumetes* a *singladuras* exteriores en las que recorrerán nuestro mar, lo percibirán y lo conocerán. Sin

embargo es en el viaje al interior de sí mismos que encontrarán el valor más importante. Conocerán y mejorarán su carácter, sensibilidad, compromiso con los objetivos y conciencia del esfuerzo para lograrlo.

Esta será para cada joven tripulante una experiencia de vida que fortalecerá los vínculos de las nuevas generaciones dirigentes con los Intereses Marítimos y Fluviales de la Nación.

EL PROYECTO

En un proceso de aproximaciones sucesivas, el diseño de la Escuela Goleta "Santa María de los Buenos Ayres" dio respuesta a una serie de premisas que surgen de los objetivos y de los programas que de éstos se derivan. El diseño debía responder a la función para la cual el buque fue concebido. Entre las premisas de diseño iniciales pueden contarse:

• Capacidad de operar en condiciones hidrometeorológicas rigurosas, lo cual dio lugar a un aparejo altamente flexible.

• Capacidad de maniobrar y amarrarse en puertos del Litoral Patagónico, lo que dio origen a la necesidad de incorporar un propulsor lateral de proa.

• Aparejo simple, pero que requiera de la labor manual como vehículo de transmisión de contenidos y valores. Aquí contó la experiencia de Nigel Rowe y Ron Dadswell, de Sail Training International (*www.sailtraininginternational.org*), quienes aconsejaron tener al menos un palo con velas cuadras a fin de proveer la experiencia de subir a los palos para tener que aferrar el paño ("going aloft").

• Inicialmente se pensó en embarcar entre 20 y 30 jóvenes y / o adultos.

Ese número era el resultado de un análisis de costos de operación, capacidades consecuentes de los auxiliares y la funcionalidad para los objetivos propuestos.

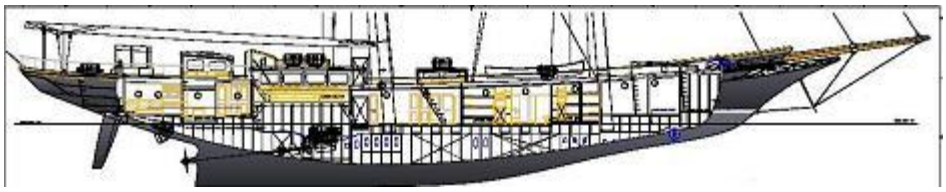
• La seguridad debía estar garantizada, no sólo desde el punto de vista náutico marinero en cuanto a navegabilidad o equipos sino también desde la llamada "seguridad industrial".

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

Nombre:	"Santa María de los Buenos Ayres"
Diseñador:	Germán Frers
Aparejo:	Bergantín Goleta
Lugar de construcción:	Argentina
Sociedad Clasificación	RINA
Dimensiones Pples	
Eslora total del casco:	51,37 m.
Eslora en cubierta ppal:	47,34 m.
Eslora en flotación:	39,06 m.
Manga:	9,99 m.
Calado:	3.90 m.
Puntal:	6.10 m.
Desplazamiento:	aproximadamente 466 tn
Superficie vélica:	1556 m2.
Velocidad	12 nds
Cubierta:	acero F24, forrada de teca
Arboladura:	aluminio naval
Jarcia firme:	Cables de acero inoxidable
Jarcia de labor:	cabos de fibras sintéticas (dacron o poliéster)
Velas:	dacron
Lastre:	90 Tn. de plomo
Propulsión:	motor principal turbo diésel de 1.000 Hp.
Hélice:	de paso controlable
Autonomía:	30 días.
Agua y víveres:	3.000 millas náuticas
Combustible:	gasoil
Equipamiento eléctrico:	2 generadores de 250 kva, 3 x 380VCA con

	transformadores a 2 x 220VCA, grupos de baterías de 12/24V y un generador de emergencia.
Sistema de fondeo:	2 cabrestantes de accionamiento eléctrico /hidráulico de eje vertical, 2 anclas con sus respectivas cadenas.

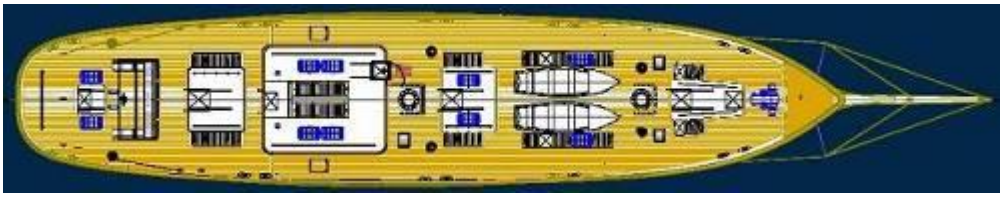
LA CONSTRUCCIÓN



La construcción será en acero naval Grado A y acero F24; sus escantillones calculados según las reglas de la organización de certificación R.I.N.A. (www.rina.it), una estructura fuerte y relativamente liviana. La cubierta de acero irá revestida de teca.

El lastre fijo será de plomo. Tanques y depósitos integrales de agua combustible, aguas servidas, aceite y lastre que darán a la goleta unas 3000 millas de autonomía a motor. Será equipado con un motor diesel auxiliar de 1000 HP, dos generadores de 250 kva, "bow thruster" y un sistema de control de timones mecánico/hidráulico. La construcción se lleva a cabo el Astillero TANDANOR ubicado en Dársena Sur en la Ciudad de Buenos Aires. (www.tandanor.com.ar)

- ✓ **Cubiertas**



La cubierta exterior será limpia y despejada con un mínimo de superestructuras y amplios espacios dedicados a las maniobras y actividades vinculadas a los objetivos de su creación. El control de las velas será mediante guinches y cabrestantes hidráulicos centralizados, que cumplirán todas las funciones necesarias para el izado y cazado de las mismas. No obstante, la acción humana en las maniobras será un elemento central de la actividad. El puente estará

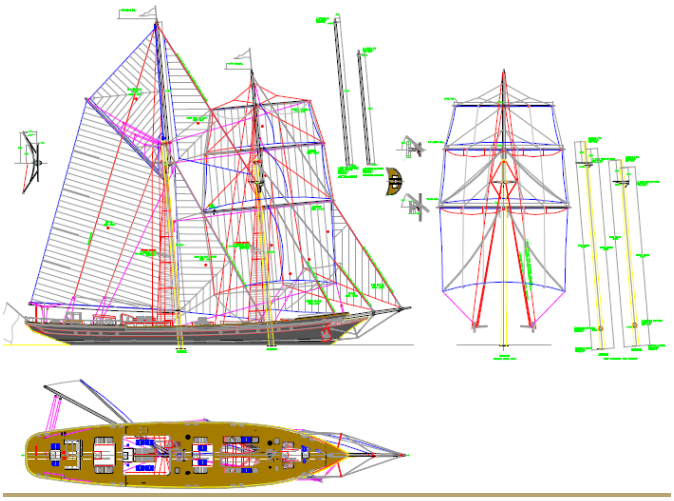
ubicado a popa junto a la rueda de timón y será abierto y provisto con una protección temporaria de lona.

- ✓ **Casco**



El diseño del casco no responde a ningún tipo de embarcación en particular. Ha sido desarrollado en conjunto con su aparejo utilizando métodos y programas más modernos, con el fin de lograr el balance y la estabilidad necesarios y un mínimo de resistencia al avance en el rango de velocidades medias estimadas, tanto en vientos promedio en los que se espera navegar habitualmente como a motor. El desplazamiento es el mínimo necesario. El calado es moderado a raíz de lo cual se ha adoptado un sistema de doble timón, para mejor maniobrabilidad y menor esfuerzo.

- ✓ **Aparejo**



Se ha optado por un velamen de bergantín Goleta con mayor cangreja y escandalosa por su versatilidad y la necesidad de ofrecer la posibilidad a los tripulantes de probar las emociones de los gavieros. Salvo en el caso de las velas cuadras que serán usadas únicamente con vientos portantes, la geometría del aparejo y la superficie de las velas facilitan un esquema de reducción simple y equilibrada de la superficie vélica sin necesidad de maniobras complicadas, mediante el simple recurso de enrollar alguno de los foques o cuchillas, o arriar la mayor.

- ✓ **Diseño interior**

El interior de la goleta ha sido programado para acomodar al Capitán en una cabina privada, 4 oficiales en cabinas dobles, 36 grumetes, (en cabinas de 4, 6 y 8 personas), y una tripulación fija de 6 hombres. Cada cabina cuenta armarios individuales para sus ocupantes. Los espacios, debido a la alta intensidad de ocupación son moderados en su volumen, pero contarán con una buena iluminación y ventilación. Las camas serán cuchetas tradicionales y el estilo de decoración y terminación marino será contemporáneo con algunos toques tradicionales.Este arreglo da suficiente flexibilidad para acomodar personas de ambos sexos y diversas edades y condiciones.El barco cuenta además con enfermería, cocina, salón comedor que hará las veces de aula para los navegantes que asistan a los cursos que se dicten durante las travesías. Un cuarto de navegación separado con acceso directo desde cubierta estará equipado con los instrumentos electrónicos más modernos.



camarote de grumetes

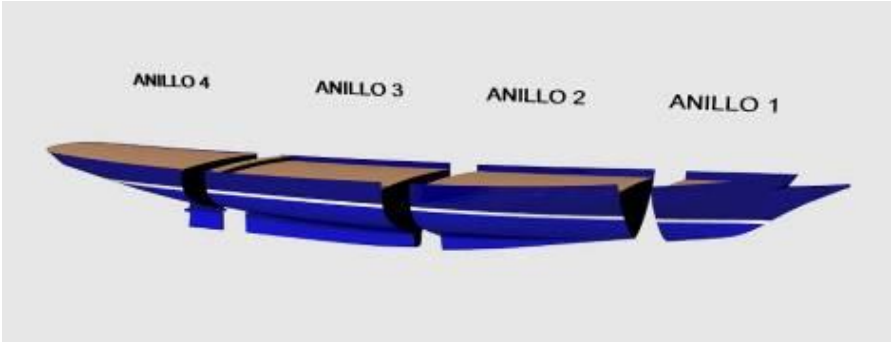


salón principal



- ✓ **Método constructivo**

La construcción se realiza en cuatro bloques, montados con la cubierta abajo. Para ello cada bloque comenzó con la fabricación de la respectiva cama de la cubierta. Elaborada la misma con sus refuerzos transversales y longitudinales, se colocaron mamparos, cuadernas y estructuras longitudinales, para proceder finalmente al forrado del casco. Luego de dar vuelta cada bloque, se unirán los mismos previa alineación.



Se comenzó en octubre de 2008 con el sub bloque de quilla correspondiente al bloque 2. (ver y foto 1)



Foto 1

Luego se realizó la cama de la cubierta respectiva, se construyó la misma con sus refuerzos, se erigieron los mamparos, cuadernas y estructuras longitudinales y se colocó sobre ellos el sub bloque de quilla (ver Foto 2)



Foto 2

En la foto 3 puede verse la construcción de los bloques 2 y 3



Foto 3

Seguidamente se procedió al enchapado del bloque 2. (ver Foto 4)



Foto 4

Foto 4

En las Fotos 5 se aprecia de izquierda a derecha, la construcción de la cubierta del bloque 4, el enchapado del bloque 2, la construcción y enchapado del bloque 3.



Foto 5

En la foto 6 se visualiza la construcción de la proa (bloque 1), con la roda, caja de cadenas y alojamiento de anclas. En la foto 7, puede apreciarse el estado actual del proceso de enchapado de dicho bloque con acero naval grado A.



Foto 7



Foto 6

En la foto 8 se puede apreciar el avance al mes de julio de 2009 de los cuatro bloques.



Foto 8

- ✓ **Sistemas**

La escuela goleta "Santa María de los Buenos Ayres", está diseñada en un todo de acuerdo con las reglas de RINA, los requerimientos de SOLAS ("Buques para fines especiales"), MARPOL y Prefectura Naval Argentina, exigibles para buques botados a partir del año 2010.
En tal sentido y en relación a su carácter de buque escuela se ha considerado especialmente el cuidado del medio ambiente marino y la seguridad de los grumetes embarcados.
Para ello, tanto el motor propulsor auxiliar como los generadores cumplirán las exigencias, en cuanto a emisión de gases se refiere, previstas en EEUU para 2010 (Normas EPA/TIER 2).
Asimismo llevará: planta de tratamiento de aguas servidas para el tratamiento de las aguas grises y negras, separador de agua y aceite (sentina), equipo de tratamiento de residuos orgánicos, compactadora de latas y trituradora de recipientes de vidrio
Para todos los sistemas de cañerías se instalarán pasamamparos entre compartimentos estancos. Asimismo se instalarán acoples rápidos tipo "Vitaulic" en todos los sistemas en los que sea posible, a efectos de facilitar la instalación y posibles reparaciones futuras.

- ***Sistema de agua potable***:

La goleta contará con 20210 lts de agua potable en tres tanques estructurales, a los efectos de cumplir con la autonomía requerida. Asimismo se instalaran 2 desalinizadores de agua de 5000 lt/día cada uno, para auto abastecerse en travesías largas. Se instalarán dos termotanques de 500 litros cada uno, que abastecerán de agua caliente a las instalaciones. Llevará tuberías de polipropileno para el servicio de camarotes e inoxidable en sala de máquinas. También una toma de tierra (puerto)

- ***Sistema de combustible y aceite:***

Se podrán almacenar 52148 lts de combustible en seis tanques que le darán una autonomía de más de 3000 millas de navegación a motor. El sistema alimentará con combustible, previo paso por la purificadora, al motor propulsor y a los generadores eléctricos. Llevará 2 tanques diarios de 900 lts de capacidad, con sus respectivos retornos desde motor y generadores.
El tanque de aceite lubricante de 175 litros asistirá al motor propulsor y generadores eléctricos de aceite de lubricación filtrado. Las tuberías serán de acero negro con uniones bridadas.

- ***Sistema de lastre:***

Llevará 90 toneladas de plomo como lastre fijo y dos tanques de agua de mar con un total de 7595 litros situados en la proa, para el trimado del buque.

El agua será bombeada por las bombas principales del sistema de achique, desde un manifold de válvulas en máquinas. Las tuberías serán de acero galvanizado. Uniones "Vitaulic".

- ***Sistema de achique:***

Cada uno de los siete compartimientos estancos del buque, cuenta con una línea de succión de achique con doble alarma sonora conectada al panel de control principal. Dos bombas de achique de 25 m3/h conectadas en paralelo, succionarán de los compartimentos a través de un manifold de válvulas. La descarga de agua al mar se realizará luego de tratar dicha agua en un separador de agua-aceite de 500 lts/h, cumpliendo con las exigencias actuales de protección ambiental. Se instalarán tuberías de acero galvanizado con uniones tipo "Vitaulic".

- ***Sistema de aire comprimido:***

Se instalará un compresor y tanque marca Kaesser modelo Asd 57 (donado por la empresa). Se situará en sala de maquinas y proveerá una presión de 7 bar a los siguientes equipos:

- Tomas de mar (limpieza)
- Manifolds para servicio de herramientas neumáticas (cbta, sala de máquinas)
- Tanques hidrósforos
- Accionamiento de válvulas de ventilación de cierre rápido, para lucha contra incendio.

Se instalarán tuberías de acero negro/inoxidable con uniones bridadas según registros.

- ***Sistema de sondas y venteos:***

Se ventearán los tanques de combustible, aceite y planta de tratamiento de aguas servidas en la arboladura y el resto de los mismos en cubierta, cumpliendo las normas exigidas por los registros. Se instalarán sondas manuales para todos los tanques abordo, ubicadas en el piso de la cubierta inferior (de alojamientos) y en la cubierta exterior. También se contará con un sistema computarizado de control de niveles en los tanques. Las tuberías serán de acero negro con uniones tipo "Vitaulic".

- ***Sistema de aire acondicionado:***

Se instalará un equipo de agua enfriada en sala de máquinas, que asistirá de agua fría a los fancoils distribuidos en distintas partes de los alojamientos. Los fancoils (donados por Carrier), proveerán aire frió a través de ductos a los distintos locales del interior. Para

calefaccionar el aire se enviará agua caliente a los fancoils desde una caldera ubicada en la citada sala. Tuberías de acero inoxidable (donadas por Hidrinox), con uniones tipo “Vitaulic”.

- ***Sistema de aguas grises y negras:***

El sistema de vacío de aguas grises y negras Jets Vaccum conducirá el agua de duchas, bachas e inodoros a la planta de tratamiento DVZ-SKA-40 Biomaster ubicada en sala de máquinas.
Las aguas grises drenarán por gravedad a colectores de 16 litros modelo 16L PEH ubicados en la sentina del buque y luego serán aspiradas por la planta de tratamiento. Las aguas negras de inodoros son succionadas directamente por la planta de tratamiento.
La descarga de la planta al mar será de agua tratada químicamente, como lo exigen las normas ambientales actuales. Las tuberías serán de acero inoxidable tipo “Blucher”.

- ***Sistema de lucha contra incendio:***

El sistema de lucha contra incendio provee agua de mar mediante las bombas de achique de sala de máquinas, desde la toma de mar hasta las mangueras de incendio ubicadas en cubierta exterior e interior. Tuberías de acero galvanizado con uniones rápidas tipo “Vitaulic”.

- ***Sistema hidráulico:***

El sistema hidráulico constará de 3 bombas accionadas eléctricamente situadas en sala de máquinas y una accionada por una PTO desde la caja de reducción del motor propulsor, Esta última proveerá de presión hidráulica fundamentalmente al bow trhuster. Se instalarán mangueras de kevlar con uniones conificadas tipo “Poberaj” y tuberías de acero negro sin costura en sala de máquinas. El sistema en general proveerá presión hidráulica a:

1- Enrrolladores de velas de stay
2- Molinetes de cubierta
3- Cabrestantes
4-

- .***Sistema de ventilación:***

Ventilación en sala de máquinas:

Un ventilador axial tipo “Soler y Palau” de 9000 m3/h de capacidad de extracción y otro de 8000 m3/h de inyección de aire filtrado, más un ventilador axial de 30 m3/h de recirculación de aire. Esta configuración asegurará presión negativa en sala de máquinas según normas.

Ventilación de camarotes:

La goleta cuenta con 21 tomas de aire en cubierta, estas se dividen en ingreso y extracción de aire a los alojamientos. El aire del exterior es ingresado a los camarotes a través de tomas en cubierta, por ductos rectangulares de acero galvanizado que se comunicarán con la sentina, para proveer de aire a los equipos de aire acondicionado. Las extracciones de aire de baños serán con ductos independientes para evitar olores en el resto de la habitabilidad.

- ***Sistema de refrigeración por agua de mar:***

El sistema consta de una válvula de toma de mar y de un manifold de válvulas con filtros. Este manifold estará ubicado en sala de máquinas y el agua de enfriamiento refrigerará equipos en dicha sala y fuera de ella. Toda el agua de enfriado, luego de pasar por los consumos, se descargará debajo de la línea de flotación, a través de una válvula de casco independiente para cada sistema. El manifold de válvulas se construirá de acero inoxidable y las cañerías de refrigeración serán de acero galvanizado.

- ***Sistema de escapes:***

El sistema de escapes de los generadores constará de silenciadores y separadores de agua individuales ubicados en sala de máquinas. Los generadores despiden gases y agua de refrigeración por los escapes, esta mezcla se junta en los silenciadores para atenuar las emisiones sonoras y luego es bombeada a los separadores de agua. El agua es descargada a través de un pasa casco compartido para ambos generadores. El gas de escape se descargará por pasa cascos individuales en la popa del buque.

El sistema de escape del motor propulsor consistirá en un silenciador-separador de agua ubicado en sala de máquinas. El motor principal despide gases y agua de refrigeración por el escape, estos son bombeados al silenciador-separador. El agua de refrigeración es descargada por un pasa casco en sala de maquinas mientras que el gas de escape es descargado en popa por otro pasa casco. Los silenciadores y separadores se construirán en materiales compuestos.

Las tuberías serán de acero galvanizado dentro de sala de máquinas. Fuera de la misma se utilizarán mangueras de goma vulcanizada tipo “Halyard”.

- ***Sistema eléctrico:***

La instalación eléctrica será trifásica de 380V 50 hz. La energía será provista por dos generadores eléctricos Carterpillar C9 de 250 kva cada uno.

El sistema eléctrico constará de consumidores en 380V, 220V en alterna y 24 V en continua. Los consumos de corriente continua de 24 V se conectaran a las instalaciones por medio de un inversor/cargador tipo “Mastervolt”. Los cables conductores serán de la marca Pirelli (donados por dicha empresa), las elementos de los tableros serán marca ABB (donadas por el fabricante) y las bandejas porta cables serán de acero galvanizado.

ARMADA ARGENTINA

DIRECCIÓN GENERAL DEL MATERIAL NAVAL

DIRECCIÓN DE SISTEMAS DE APOYO

DIRECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS

PROYECTO:

"REPARACIÓN INTEGRAL DEL DIQUE DE CARENA Nº2 Y MODERNIZACIÓN DE SUS SISTEMAS ASOCIADOS"

- ARSENAL NAVAL PUERTO BELGRANO -

- BASE NAVAL PUERTO BELGRANO –

- PROVINCIA DE BUENOS AIRES -

Documento elaborado por personal técnico de la Dirección de Infraestructuras de la Armada Argentina:

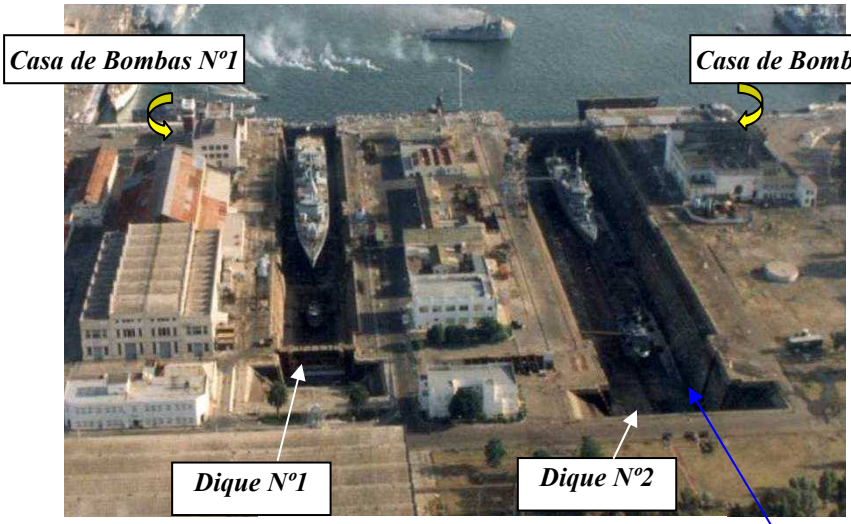
Capitán de Corbeta Ingeniero Civil y Portuario Gerardo Eladio BOCCARDO
Matrícula C.P.I. 14.982
E-mail: geboccardo@ara.mil.ar – Tel. +54 – 11 - 4317-2000 Interno 3487

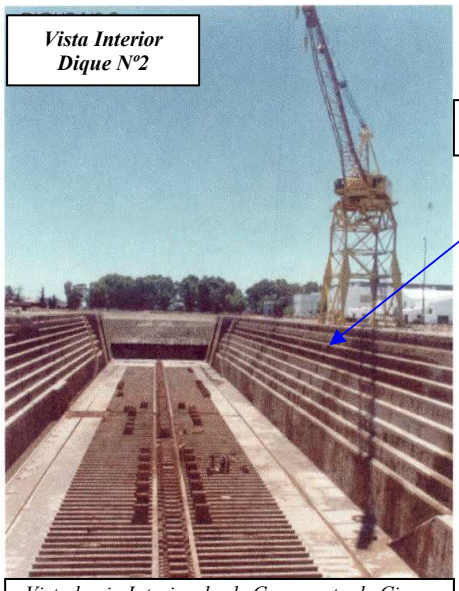
1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- El Dique de Carena Nº2 es una instalación emplazada en la Base Naval de Puerto Belgrano (BNPB). Esta Base Naval es una obra de ingeniería de gran envergadura que fuera proyectada por el Ing. LUIGGI, en las últimas décadas del siglo XIX. Se ubica a 700 Km. al Sur de Capital Federal, colindante con la ciudad de Punta Alta de la Provincia de Buenos Aires.

Para la reparación de los buques cuenta con dos Diques Secos. En el año 1902 se inauguró el Dique Nº1, construido por la firma DIRKS y VAN HATTEN y en el año 1917 el Dique Nº2, construido por la firma DICKERHOFF & WIDMNANN S.A., siendo la responsabilidad de la operación de estas instalaciones el Arsenal Naval Puerto Belgrano (ARPB).

Las siguientes imágenes muestran la magnitud de las instalaciones mencionadas.





Vista hacia Interior desde Compuerta de Cierre

Dimensiones	Eslora (largo) (m)	Manga (ancho) (m)	Calado (pies)
Dique Nº1	211	20	32
Dique Nº2	234	33	45

Estas instalaciones han venido prestando servicios durante los últimos noventa años, período éste que se puede considerar como límite aceptable de Vida Útil de una obra de ingeniería portuaria de gran envergadura con estas características.

El objetivo principal de un dique seco, es generar un recinto totalmente estanco tal que una vez que haya sido puesto en seco y con el buque en su interior, efectuar reparaciones (planificadas o de emergencia) relacionadas con carenados, cambios de chapa en el casco del buque, trabajos sobre líneas de ejes, timón, hélices, domo sonar, etc.

Sintéticamente podemos describir al Dique de Carena Nº2 como un gran recinto de 234 m de desarrollo longitudinal y una manga (ancho) máximo (a nivel de solera) de 35m, la altura total desde el nivel del coronamiento (COTA +6,00) hasta la platea de fondo (COTA -11,30) es de 17,30m. Sobre las compuertas, una vez vaciado el dique, actúa una columna de agua del orden 15,00m (pleamar) y un mínimo de 11,50m (bajamar). La manga y calado con que cuenta el Dique Nº2 es un parámetro fundamental. En Argentina, en la actualidad no existen en forma operativa astilleros con la capacidad indicada anteriormente.

En las últimas operaciones que efectuó el dique, el vaciado del mismo se realizaba en un lapso de aproximadamente 6 hs.

Ambos diques poseen un sistema de cierre a través de dos compuertas, una compuerta corrediza y la otra flotante.

La finalidad de contar con un sistema de cierre con estas características es, una vez colocada la compuerta flotante, poder realizar las reparaciones sobre la compuerta corrediza y aquellas otras que sean necesarias efectuar sobre los muros de apoyos de la misma y en el recinto denominado ‘receso’, donde queda alojada ésta al abrir el dique. Como segundo objetivo, en casos de requerirse, es incrementar la capacidad del dique en aproximadamente 10 metros adicionales permitiendo entrar buques de mayor eslora.

Las compuertas están conformadas por una estructura metálica materializada con perfiles laminados, con una envolvente de chapa similar al casco de un buque, son de geometría, en vista, ‘trapecial’ (base mayor superior, base menor inferior) y poseen sus correspondientes tanques de lastre.

Cuando no se opera con la compuerta flotante, a la misma se le vacían los tanques de lastre y se la amarra en uno de los muelles laterales al dique; mientras que a la compuerta corrediza, cuando se opera con la compuerta flotante, se la ubica dentro del ‘receso’.

El principio mediante el cual se produce el cierre (sellado) de las compuertas es provocado por la diferencia de presión hidrostática que se va generando y creciendo en forma gradual a medida que se achica el dique. La mayor presión exterior al dique, presiona sobre la compuerta generando el contacto entre los dos bordes inclinados y el inferior horizontal de la compuerta contra los apoyos de piedra del dique propiamente dicho. Estos bordes de la compuerta están forrados con tablones de madera dura (anchico) denominados 'botazos'.

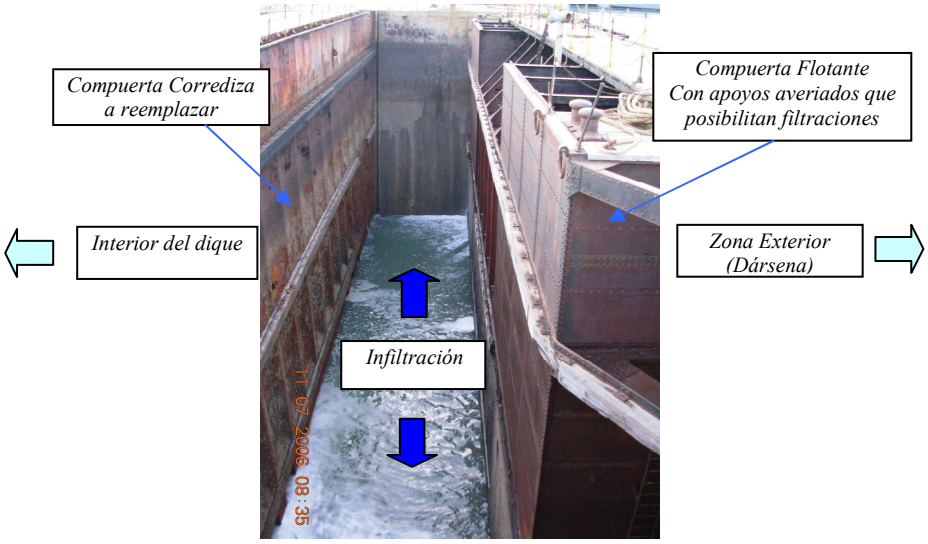
SITUACIÓN ACTUAL

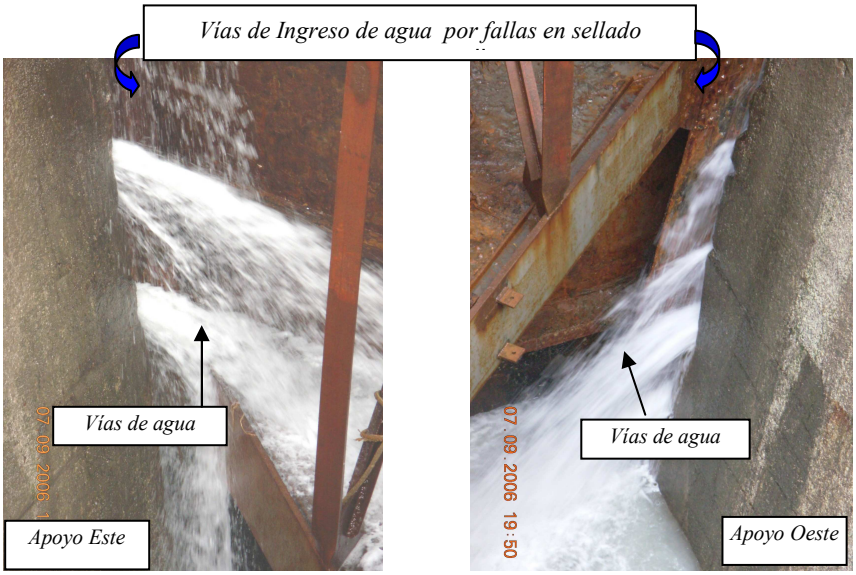
En mayo de 2007 se produjo una importante avería en la estructura del Dique en sectores 'críticos' correspondientes a la zona que sirve de apoyo a los 'botazos' de la compuerta flotante. En esa oportunidad varias de las piedras que conforman dicho apoyo colapsaron, produciéndose desprendimientos de sectores de las mismas, generando importantes vías de ingreso de agua. La mayoría de los sectores averiados se encuentran siempre por debajo del nivel de bajamar, situación que imposibilita la reparación subacua y directa de los sectores averiados como consecuencia de la elevada turbidez del agua.

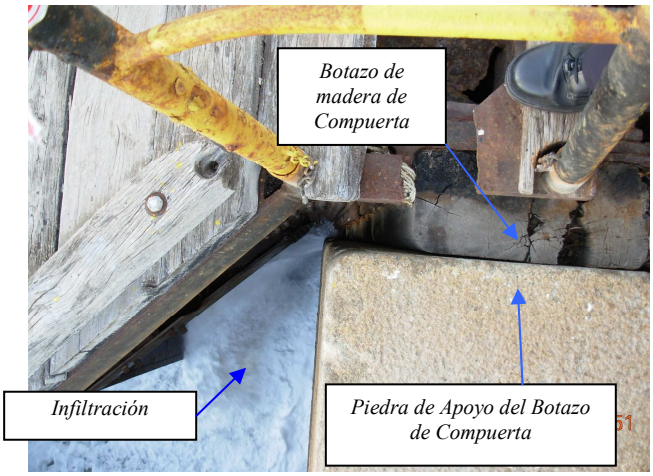
Al momento de producirse la avería indicada, el dique se encontraba sin agua, en mantenimiento, con operarios efectuando trabajos de limpieza de túneles y de la cámara de aspiración de bombas principales, quedando todas las herramientas (carretillas, volquetes, etc.) bajo agua.

La Armada Argentina, previo a este hecho, había comenzado con la construcción de una nueva compuerta corrediza que estaría disponible para octubre/noviembre del corriente año. La instalación de ésta hubiese sido factible bajo las condiciones preexisistentes a mayo de 2007 e imposible ante las actualmente imperantes.
En la siguiente imagen se aprecia la acumulación de agua entre las dos compuertas como consecuencia de las filtraciones provocadas por fallas de estanqueidad en el cierre de la compuerta flotante.

Las siguientes imágenes muestran la magnitud del problema provocado por el ingreso de agua al interior del dique, además de lo complejo que resulta su reparación.


Compuerta Corrediza a reemplazar
Compuerta Flotante Con apoyos averiados que posibilitan filtraciones
Interior del dique
Zona Exterior (Dársena)
Infiltración


Vías de Ingreso de agua por fallas en sellado
Vías de agua
Apoyo Este
Vías de agua
Apoyo Oeste


Botazo de madera de Compuerta
Infiltración
Piedra de Apoyo del Botazo de Compuerta


Agua consecuencia de la Infiltración

A la Obra civil hasta acá descripta, la complementan los sistemas electromecánicos e hidráulicos (conductos de agua de lastre e incendio, de aire comprimido, bombas, motores, válvulas de cierre, etc.). Los principales se encuentran instalados en un local llamado Casa de Bombas. El nivel de piso de esta sala se encuentra a -5,70m respecto del nivel 0,00m. Como consecuencia de ello todos los muros envolventes de esta edificación están sometidos en forma permanente al efecto de la presión hidrostática, con un valor fluctuante con la variación del nivel de marea. En la actualidad podemos observar importantes filtraciones provenientes desde el exterior. La cota del coronamiento del dique es +6.00m.

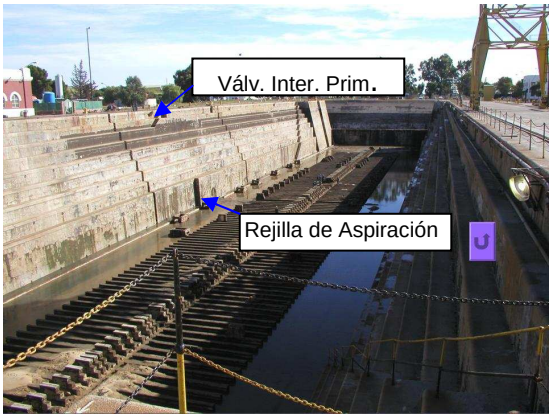


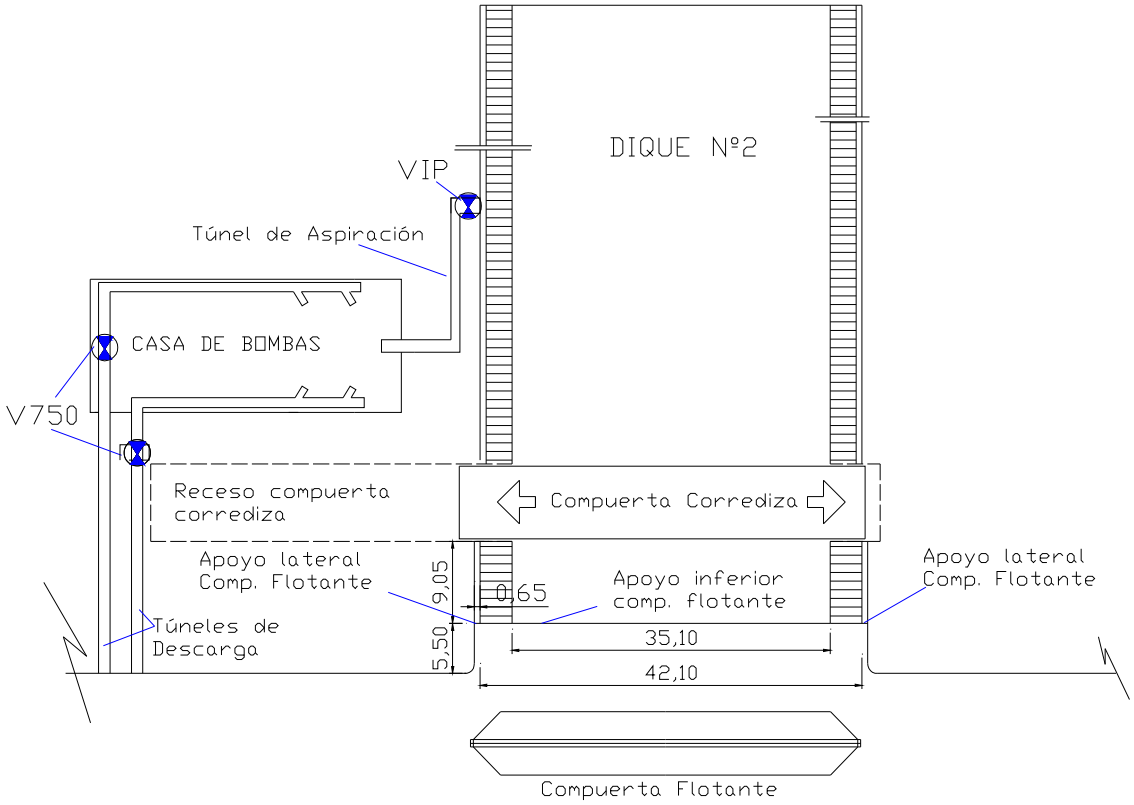


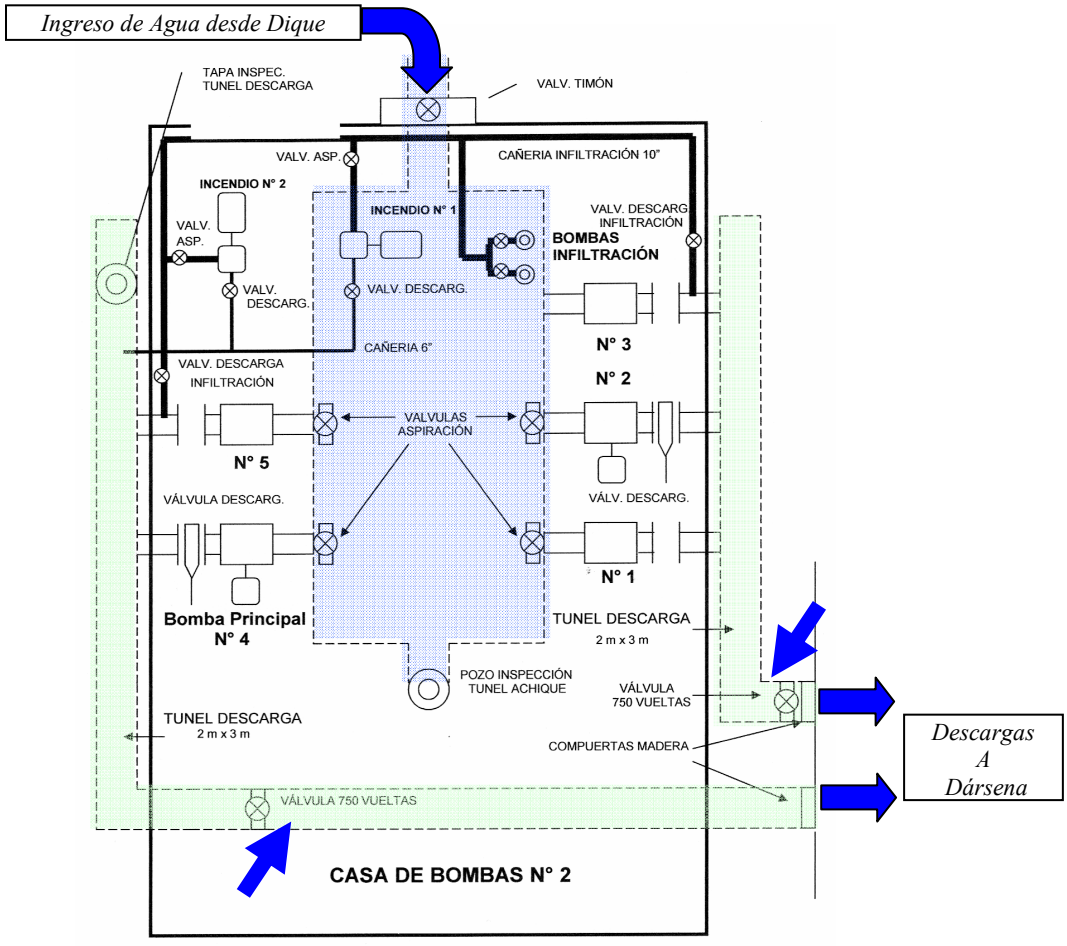
Dentro de las diferentes válvulas que hacen a la operación del Dique, existen tres válvulas que permiten aislar de manera completa la Casa de Bombas del propio dique y de la dársena.
Estas válvulas son:

Válvula Interceptora Primaria (VIP): Instalada inmediatamente aguas debajo de la reja ubicada a media eslora, sobre la banda sur del dique. Esta válvula aísla a la Casa de Bombas del dique propiamente dicho.

Válvulas de Túneles de Descarga: Denominadas Válvulas de Setecientos Cincuenta Vueltas V750, son dos válvulas instaladas sobre los dos túneles de descarga aislando la Casa de Bombas de la dársena.




DIQUE Nº2
VIP
Túnel de Aspiración
CASA DE BOMBAS
V750
Receso compuerta corrediza
Compuerta Corrediza
Apoyo lateral Comp. Flotante
Túneles de Descarga
9,05
5,50
0,65
Apoyo inferior comp. flotante
35,10
42,10
Apoyo lateral Comp. Flotante
Compuerta Flotante


Ingreso de Agua desde Dique
TAPA INSPEC. TUNEL DESCARGA
VALV. TIMÓN
VALV. ASP.
CAÑERIA INFILTRACIÓN 10"
INCENDIO N° 2
INCENDIO N° 1
VALV. ASP.
VALV. DESCARG.
VALV. DESCARG. INFILTRACIÓN
BOMBAS INFILTRACIÓN
VALV. DESCARG.
CAÑERIA 6"
N° 3
VALV. DESCARGA INFILTRACIÓN
N° 2
VALVULAS ASPIRACIÓN
N° 5
VÁLVULA DESCARG.
VÁLV. DESCARG.
N° 1
Bomba Principal N° 4
TUNEL DESCARGA 2 m x 3 m
POZO INSPECCIÓN TUNEL ACHIQUE
VÁLVULA 750 VUELTAS
TUNEL DESCARGA 2 m x 3 m
COMPUERTAS MADERA
Descargas A Dársena
VÁLVULA 750 VUELTAS
CASA DE BOMBAS N° 2

El escenario actual obligó a replantear la metodología prevista inicialmente para la reparación del dique a causa de los siguientes condicionantes:

- Ante las importantes averías que presentan los bloques de piedra donde apoya la Compuerta Flotante, es imposible poner el dique en seco a fin de obtener las condiciones de trabajo necesarias, tal que permitan en un primer lugar retirar la Compuerta existente para luego proceder a la instalación de la nueva Compuerta Corrediza.
- Se plantea la necesidad de ejecución de un sistema de cierre 'externo' que permita poner en seco la boca del dique para efectuar la reparación de los apoyos de las compuertas corrediza y flotante.
- Es 'imposible' plantear en una única etapa un proyecto de reparación integral del Dique y sus sistemas asociados, ya que al encontrarse el mismo cubierto por las aguas, no es factible llevar a cabo todos los estudios necesarios para evaluar las diferentes patologías existentes en el Dique. Es indispensable efectuar una serie de trabajos complementarios de campo y laboratorio, que bajo las condiciones actuales es imposible desarrollar.

De allí, que ante el escenario que se presenta, se decidió implementar la reparación integral del Dique N°2 y Sistemas Asociados en dos Etapas

PLAN PARA LA REPARACIÓN INTEGRAL DIQUE DE CARENA Nº2 Y MODERNIZACIÓN DE SISTEMAS ASOCIADOS

Las dos etapas en que está planteada la reparación y modernización del dique N°2 comprenden:

ETAPA I

1. Obra Civil:

1.1 - Obra auxiliar de cierre de la boca del dique N°2 mediante la ejecución de la ataguía conformada por coferdams de celdas y entreceldas circulares.

1.2. - Desguace compuerta corrediza existente.

1.3. - Reparación de los apoyos de las compuertas flotante y corrediza.

2.- Reemplazo de las siguientes válvulas:

2.1.- Válvula Interceptora Primaria (VIP).

2.2.- Válvulas de Cierre Túneles de Descarga (válvulas de setecientos cincuenta vueltas – V750) una válvula por cada túnel.

3.- Estudios de investigación en base a los cuales se definirán trabajos de reparaciones y modernización correspondiente a la Etapa II.

La inclusión en la Etapa I de las tareas enunciadas en punto 2, permitirá aislar totalmente la sala de la Casa de Bombas a fin de restituir una mínima seguridad en la operación del dique y efectuar trabajos de reparación del resto de los componentes del 'sistema dique', principalmente en el interior de la Casa de Bombas.

ETAPA II

Comprende:

1. Muros Laterales: Consideraciones y análisis sobre la necesidad de la incorporación de filtros para la canalización del agua de napa, tratamiento de juntas, revestimientos, etc.
2. Túneles de achique: Inspección de juntas, revestimientos, etc.
3. Losa de Solera del Dique (losa de fondo) Reparación de estructura y de sectores con efecto de 'bombeo', estudios de subpresiones, etc.
4. Casa Bombas. Se efectuarán los estudios para reparar la casa de bombas existente.
5. Reparación y modernización edificio de Usina y demolición de infraestructura obsoleta.
6. Construcción de una nueva Sala de Comandos para la Operación del Dique Nº2, incluye alojamiento para personal de guardia, oficina, etc.
7. Modernización de todos los sistemas asociados al Dique Nº2 bombas, válvulas, incendio, lastre, etc. que hacen a su operación y/o funcionamiento.

PROPUESTA DE REPARACIÓN DEL DIQUE DE CARENA N°2

1. OBRA AUXILIAR - ATAGUÍA DE CIERRE TEMPORARIO DE LA BOCA DE ACCESO AL DIQUE DE CARENA Nº2

Puesta en Seco

En la etapa de análisis y estudio del problema se plantearon distintas alternativas para efectuar el cierre de la boca del dique, inclusive hasta la de poner una tapa externa a la

boca de acceso apoyada sobre los muros laterales a ésta. La tapa indicada estaría compuesta por la compuerta flotante existente, a la que se le adicionarían módulos metálicos con una conformación / configuración similar a la estructura de la compuerta, a fin de que con la prolongación obtenida se alcanzase a hacer contacto con los muros frontales laterales a la boca de acceso del dique. Se concluyó que esta alternativa no es factible como consecuencia del umbral saliente, respecto del plano de muros, que presenta la solera del dique y por la pendiente (1h : 20v) hacia la dársena de dichos muros.

A consecuencia de ello se comenzaron a delinear posibles soluciones con estructuras que avanzaran sobre la dársena, para finalmente definir la propuesta técnica que a continuación se describe.

Como proyecto de cierre se optó por la ejecución de ataguías celulares de planta circular vinculadas entre sí por medio de entreceldas. Este mismo sistema se empleará para la vinculación a los muros frontales de la cabecera del Dique. Las ataguías celulares como las entreceldas estarán rellenas interiormente con material granular.

Aspectos y Parámetros Condicionantes de Diseño.

- Niveles de agua en el área:
  - ✓ PM extraordinaria : + 5.25m
  - ✓ PM equinoccial : +4.25m
  - ✓ PM media : +3.50m
  - ✓ BM media : +0.50m
  - ✓ BM equinoccial : 0.00m
  - ✓ BM extraordinaria : - 0.40m
- Nivel coronamiento Dique Nº 2: + 6,00m
- Nivel umbral de solera Dique Nº 2: - 10,60m
- Nivel coronamiento de las ataguías de cierre temporario : + 5,50m
- Nivel inferior tablestacado de ataguía de cierre temporario : -15,00m

Especificación del proyecto:

Características de la solución de cierre temporario

Configuración Geométrica en Planta (Ver Esquema en Planta):

- ✓ Tres (3) celdas circulares ‘principales’ de diámetro 22,42m.

- ✓ Entreceldas de ancho 2.88m, para vinculación de celdas circulares principales.
- ✓ Celdas laterales para asegurar estanqueidad en el encuentro con los muros frontales de la dársena (de pendiente 1h : 20v), laterales a la boca de acceso.

Relleno interior con material granular (arena)

Ancho de cierre: 54.50m

Se realizaron investigaciones con sus correspondientes estudios geotécnicos en el área de localización de la ataguía, a fin de determinar parámetros físicos y mecánicos del suelo, para ser tomados como base para el predimensionado de los elementos que conformarán la misma. Dentro del citado estudio, también se obtuvieron parámetros de permeabilidad para poder estimar potenciales filtraciones por debajo del nivel de fundación de las celdas, provocadas por la diferencia de presiones una vez puesto en seco el dique.

Del predimesionado surgen los siguientes elementos (Ver Esquema en Corte):

- Ataguías celulares principales de planta circular: estarán conformadas por tablestacas planas tipo AS 500 de espesor e=12.5mm y longitud 20.5m (153 kg/m^2) ubicadas a una cota superior +5.50m y cota inferior aproximada de –15.00m.

- Entreceldas se conforman por tablestacas planas tipo AS 500 con radio de 3.60m cuyas características son equivalentes a las descriptas para la conformación de las celdas.

El proyecto ejecutivo deberá asegurar la estanqueidad del sistema de cierre temporario, materializando una adecuada vinculación entre las 2 celdas laterales y el paramento anterior de la obra civil del Dique Nº 2, situados a ambos lados de la boca de acceso al dique (muro de gravedad con pendiente 1h : 20v hacia lado dársena).

El interior de celdas y entreceldas está previsto que sea rellenado con material granular (arena), constituyendo una obra “de gravedad”. (Arena con un ángulo de fricción interna Ø de 35º)

Cómputo métrico aproximado:

Provisión de tablestacas de acero:	1050ton
Relleno granular interior:	27.500m^3

A fin de facilitar, posteriormente, la operación de equipos para la ejecución de los trabajos de reparación y mejoras, se respetará una distancia de 5.00m de separación entre el extremo delantero de la solera del Dique y la pantalla de cierre constituida por la ataguía.

El encuentro entre muros laterales del Dique y Celdas extremas de la ataguía se puede ver en el 'Esquema de Detalles'.

PROPUESTA DE SOLUCIÓN:

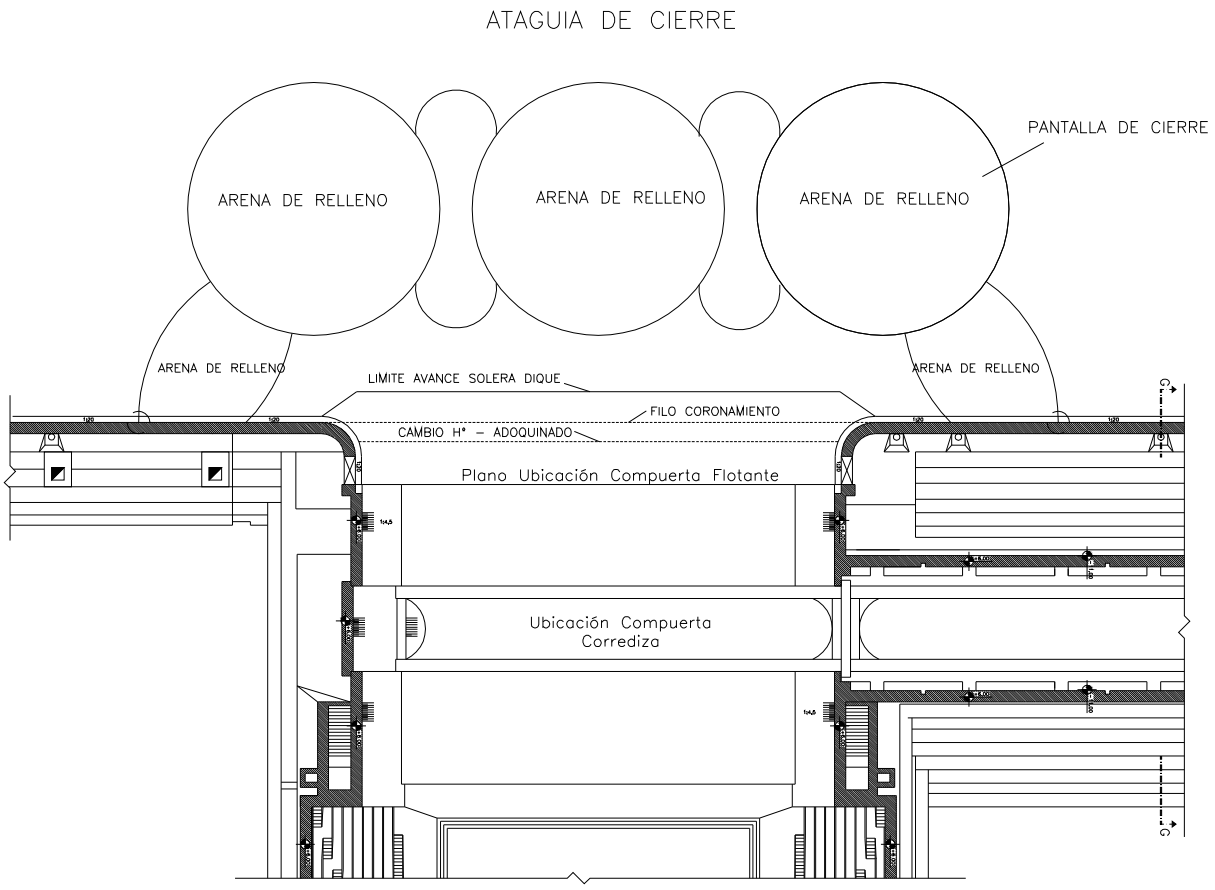
A fin de asegurar la estanqueidad en la interfase pantalla – muro, y teniendo en cuenta la pendiente hacia la dársena de este último, se prevé la ejecución de un elemento metálico de transición, el cual tendrá una geometría equivalente a la de un triángulo rectángulo cuya estructura estará compuesta por perfiles laminados en caliente recubiertos por chapa de acero.

La fijación de este elemento metálico al muro se efectuará mediante brocas. Este elemento, en el área de contacto con el muro, contará con una pieza flexible de caucho tal que al efectuar el ajuste de la broca contra el muro genere el sellado correspondiente.

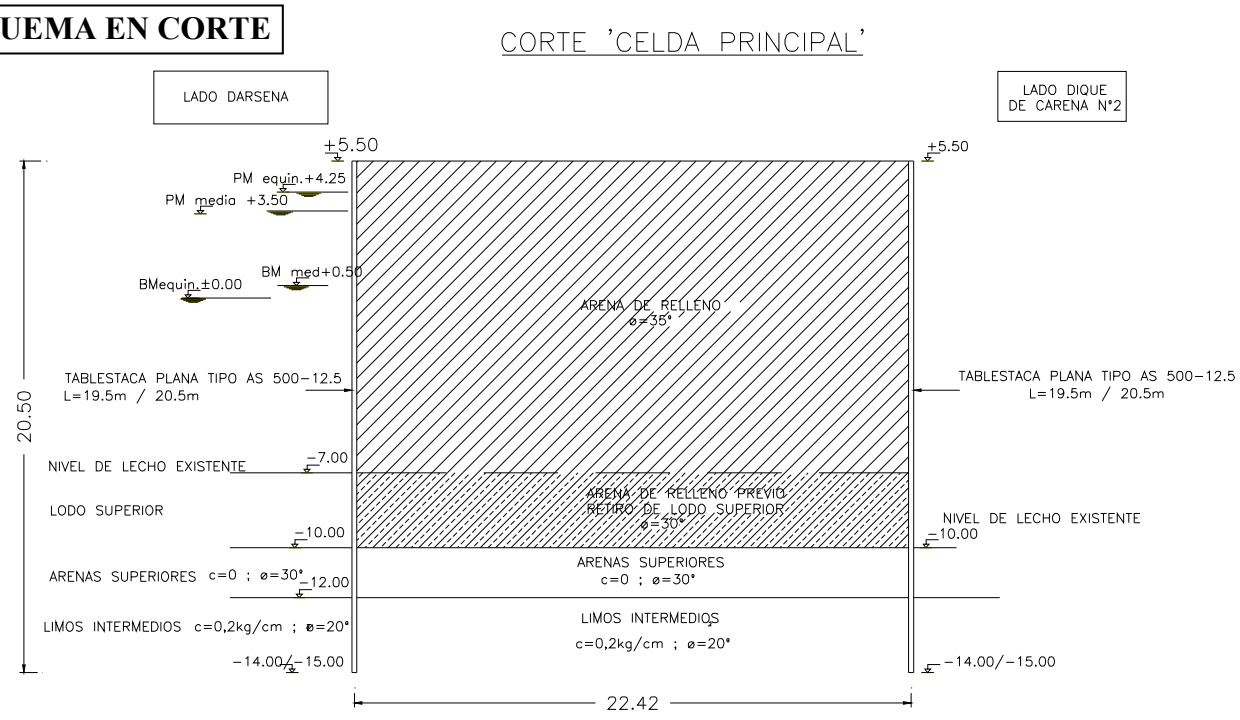
En el otro extremo de la pieza metálica, mencionada anteriormente, se dispondrá un 'conector' a fin de lograr su vinculación con la primer tablestaca plana en el sector de arranque del tablestacado metálico propiamente dicho.

Está previsto que el extremo inferior de la pieza de transición alcance la cota -12.00m.

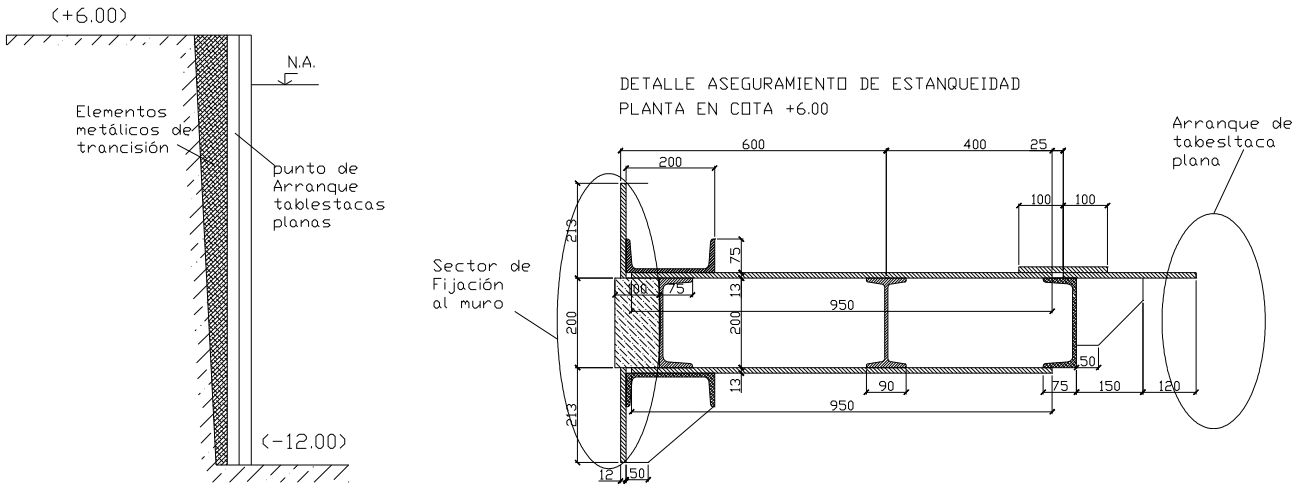
ESQUEMA EN PLANTA



ESQUEMA EN CORTE



ESQUEMAS DETALLES



Lograda la ejecución de la solución de cierre temporario del sector de entrada del Dique y una vez puesto en seco el mismo, permitirá la adopción de una secuencia técnica de relevamientos, reparaciones y mejoras de las patologías estructurales existentes.

2. TRABAJOS DE REPARACIÓN Y MEJORAS DE ASIENTOS DE COMPUERTAS

2.1. PROYECTO DE REPARACIÓN Y MEJORAS – ÁREA DE ASIENTO COMPUERTA FLOTANTE

El área de apoyo está constituido por dos caras verticales (inclinadas según el plano de cierre de la compuerta) y una cara horizontal inferior (“umbral”).

Descripción de la solución

Se planteó reemplazar toda la estructura de bloques de piedra que conforma actualmente el área de asiento de la compuerta flotante por una nueva estructura ejecutada en hormigón armado, adecuadamente vinculada a la estructura existente del muro de gravedad y a la losa de fundación a través de barras de unión.

Descripción de los trabajos a realizarse sobre el marco del sistema de cierre

1.- Retiro de todos los bloques de piedra existentes en el umbral y en ambos laterales del "marco" de entrada al Dique.

2.- Preparación de la superficie expuesta.

3.- Sellado de grietas u oquedades mediante inyección de morteros de características cementicias.

4.- Colocación de las barras de unión (623 unidades) entre el hormigón existente (anclada mediante anclajes químicos) y la nueva estructura de hormigón armado.

5.- Aplicación de un puente de adherencia en toda la superficie expuesta del hormigón existente, asegurando la condición de continuidad entre la estructura existente y la nueva estructura de hormigón armado.

6.- Colocación de todas las armaduras de la nueva estructura de hormigón armado montaje de "encofrado deslizante".

7.- Hormigonado de la estructura del "marco" previéndose la ejecución de 4 juntas en ambas caras verticales del "marco" y de 6 juntas en la cara horizontal ("umbral").

Volumen de hormigón 110m3

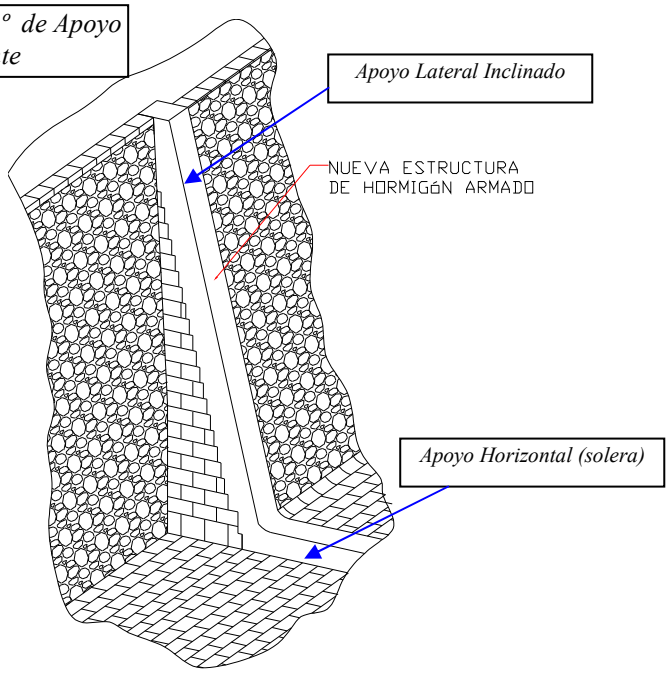
Especificaciones:

- ✓ Hormigón en calidad H-35 - Contenido unitario mínimo de cemento (400kg/m3).
- ✓ Reducir la porosidad del hormigón de manera de asegurar buenas características de durabilidad en ambiente marino.
- ✓ Armaduras de acero conformado tipo III. - Armadura longitudinal y estribos.

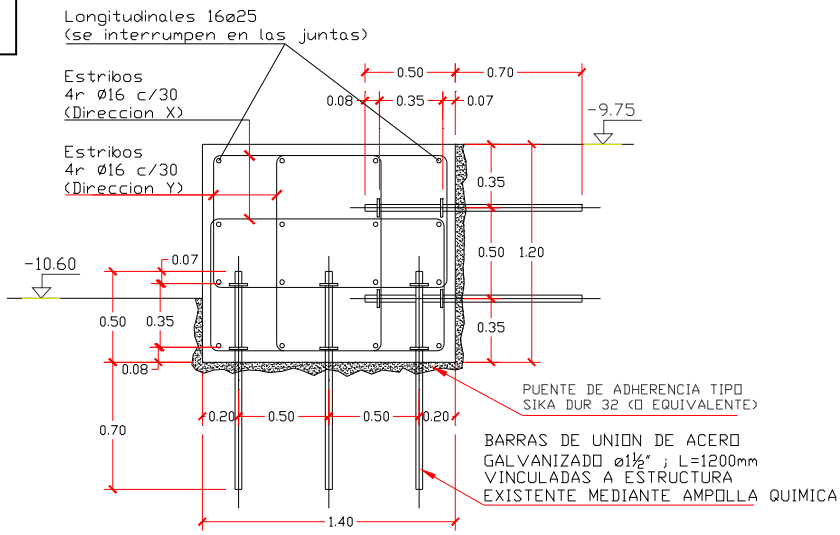
2.2. PROYECTO DE REPARACIÓN Y MEJORAS – ÁREA DE ASIENTO COMPUERTA CORREDIZA

La solución a implementar para la mejora en esta área de asiento es de características equivalentes a la ya descripta para la reparación del área de asiento de la compuerta flotante. Volumen de hormigón 114m^3, colocándose la misma cantidad de barras de unión (623 unidades) e igual número de juntas.

Perspectiva de Viga de HºAº de Apoyo Compuerta Flotante



Detalle de Viga de HºAº de Apoyo Compuerta



3.- VÁLVULA INTERCEPTORA PRIMARIA 'VIP' Y DOS VÁLVULAS EN TÚNELES DE DESCARGA 'V750'

Reemplazo de la válvula interceptora primaria 'VIP' y dos válvulas en túneles de descarga 'V750'.

Características Generales:

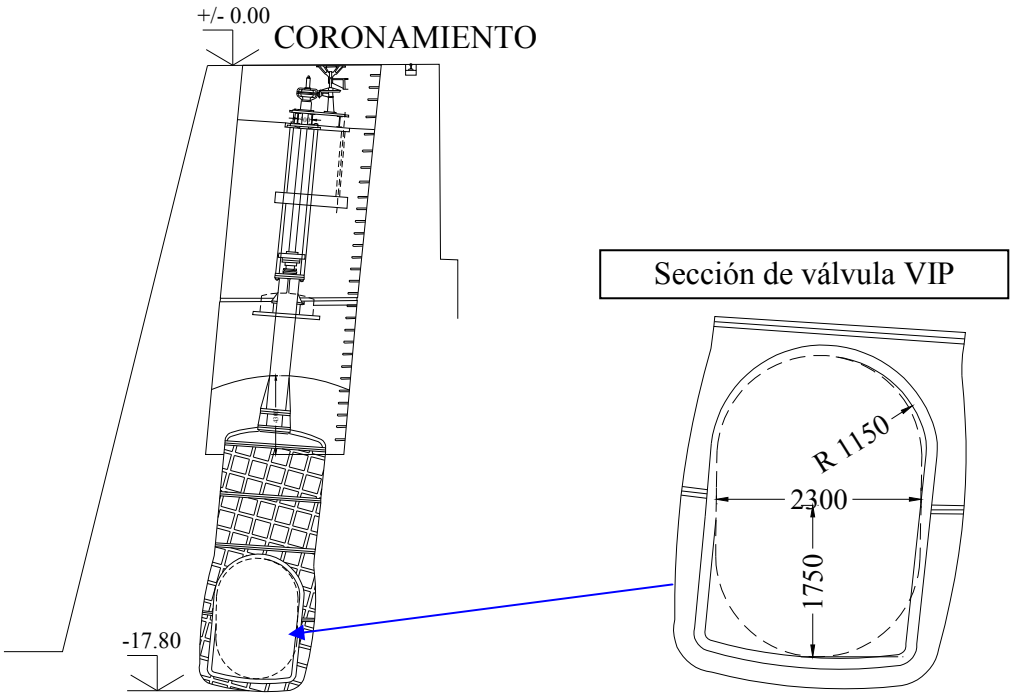
- Las Válvulas serán de tipo exclusa con cuerpo de acero fundido, con asiento y cuña de acero inoxidable.

- Sistema de apertura y cierre eléctrico – hidráulico con motor, tablero eléctrico y bomba hidráulica.
- Cada válvula contará con sensores de fin de carrera.
- Accionamiento manual de las válvulas motorizadas con posibilidad de operarse manualmente (con un mecanismo para la liberación del volante de manera que éste no gire cuando la unidad está siendo operada en forma motorizada y que también, el motor no gire cuando la unidad este siendo operada manualmente).
- En su accionamiento motorizado, las válvulas deberán abrir y cerrar a un régimen de no menos de cuarenta y cinco centímetros (45cm) por minuto.
- La carga de diseño para el cierre de la válvula y accesorios deberá ser por lo menos tres veces la carga nominal calculada.
- Las cámaras donde se alojarán las válvulas, contarán con una escalera de inspección similar a la indicada en los planos originales.

- VÁLVULA INTERCEPTORA PRIMARIA 'VIP'.

Cota de ubicación: –17.82 m - (respecto del coronamiento)

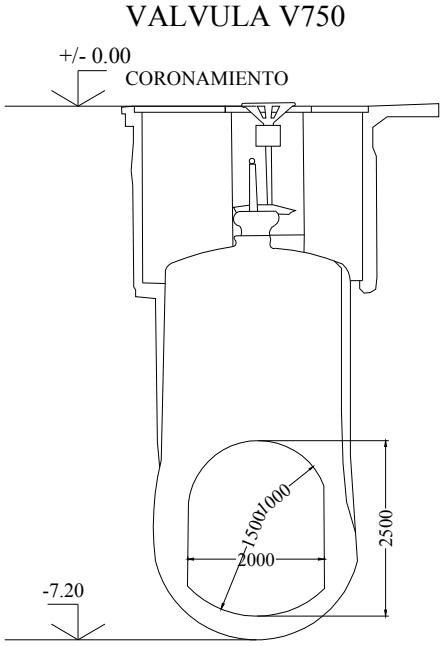
Sección aprox. elíptica: eje mayor 2,90 m., eje menor 2,30 m.



- VÁLVULAS DE LOS TÚNELES DE DESCARGA ‘V750’.

  Cota de ubicación: –7.2 m.- (respecto del coronamiento)

  Sección aprox. elíptica: eje mayor 2,50 m., eje menor 2,00 m.



METODOLOGIA Y SECUENCIA DEL PROCESO DE REPARACIÓN

1.- Colocación y lingado de compuerta flotante en apoyos de la misma, a fin de que sea estable al momento de achicar el dique por primera vez. El fin de dejar esta compuerta en la posición indicada es premitir efectuar las pruebas de cierre, previo al retiro de la ataguía.

2.- Ejecución de Ataguía de cierre de Boca de Acceso

3.- Achicar el interior del Dique con bombas externas (por la incertidumbre de existencia de obstáculos que puedan afectar el normal funcionamiento de las del Dique Nº2).

4.- Tareas Simultáneas:

4.1. Reposición Válvulas VIP y 2 V750:

4.2. Desguace Compuerta Corrediza.

4.3. Limpieza general de túneles y cámara de aspiración de bombas principales.

4.4. Armado de ‘cama’ de asiento Compuerta Flotante.

5- Inundación por túneles de descarga

6.- Ingreso de compuerta flotante a dique y posicionamiento en su 'cama' de apoyo.

7.- Achique del dique.

8.- Inicio de los trabajos de reparación. (Apoyos de HºAº en el Dique, apoyos de la Compuerta flotante, reemplazo de Botazos)

9. Pruebas: apoyos compuerta flotante.

10. Retiro de Ataguía.

11. Montaje e Instalación de nueva Compuerta Corrediza y Locomotora.

12.- Pruebas compuerta corrediza.

Costo total estimado de la obra: REPARACIÓN Y MODERNIZACIÓN DIQUE DE CARENA Nº2 Y SISTEMAS ASOCIADOS - **Etapa I** $ 59.000.000

PLAZO DE OBRA: 14 meses corridos.

Nota: En la propuesta de reparación del Dique de Carena Nº2 se destaca la participación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires a través de la Escuela de Graduados en Ingeniería Portuaria, del Departamento Transporte y del Departamento Ingeniería Naval.

Esta Casa de Altos Estudios participó y continuará participando, brindando el asesoramiento técnico a fin de diagnosticar las patologías / averías / falencias / deficiencias que presenta la infraestructura del Dique de Carena Nº 2, fijando pautas y acciones recomendadas para definir los aspectos y lineamientos técnicos conducentes a su recuperación integral.

REEMPLAZO DE TUBERIAS DE CUPRONIQUEL QUE CONDUCEN AGUA DE MAR POR OTRAS DE ACERO INOXIDABLE. INVESTIGACION APLICADA

Pedro P. Simoncini

Instituto Universitario Naval – Unidad Académica ESOA
Base Naval Puerto Belgrano (8000), Argentina
E-mail (autor de contacto): esoa@ara.mil.ar

Resumen

Las aleaciones de base cobre con níquel, ampliamente usadas en la operación de plantas y equipos en ambientes marinos, constituyen las aleaciones mas adecuadas para la fabricación de piezas expuestas a la acción agresiva de los iones cloruros presentes en el agua de mar. Cuando la velocidad de circulación supera a la máxima permitida para los CuNiFe 90:10, cuando el Numero de Reynolds es superior a 2000, cuando hay presencia de burbujas de aire o de sólidos en suspensión y cuando en el sistema se encuentran tuberías con derivaciones en ángulo recto o agudo se origina una corrosión-erosión que deteriora el film pasivo de trihydroxo cobre (II) monocloruro [$Cu_2(OH)_3Cl$] formado provocándose la perforación de la tubería. Además, a aproximadamente 650 °C y suave velocidad de enfriamiento (propias de un proceso de soldadura) se produce a borde de grano una fase rica en hierro que origina una corrosión intergranular, picando las zonas adyacentes a las uniones soldadas. Estas tuberías pueden ser reemplazadas por otras de acero inoxidable austeniticos de alta performance (superausteniticos) o convencionales (serie 300) inhibidos que poseen entre ambas, una gran compatibilidad electroquimica y mecánica y excelente resistencia a la corrosión cuando hay circulación de agua de mar. Los inconvenientes que estos aceros presentan en aguas estancas (pitting y crevice) son evitables como también, la adherencia del "fouling" marino, la corrosión – erosión y la presencia de sulfuros. Además, se logra un importante ahorro económico y de material

Palabras clave: Corrosión – numero de Reynolds – pasivante – austenitico – estabilizado

Introducción – Consideraciones Generales

La intención de esta investigación apunta a reducir costos y a proteger los recursos naturales.

En cuanto al primer factor se reducirían costos importantes tales como, la reposición de estructuras y maquinarias corroídas, el empleo de metales y aleaciones resistentes a la corrosión, interrupciones en la operabilidad de los sistemas, merma de rendimiento, sobredimensionamiento y especialmente casos de perdida de salud o vida por fallas imprevistas de piezas importantes debido a la corrosión.

En lo que se refiere a conservar las riquezas naturales se evitaría por sobre todo valiosas perdidas de energía utilizadas en la producción y montaje de estructuras metálicas. (1)

Las aleaciones de base cobre con níquel son ampliamente usadas en la operación de plantas y equipos en ambientes marinos debido a que los materiales constructivos son capaces de soportar tanto los efectos corrosivos propios de una atmósfera salina como los que tienen lugar en sistemas de refrigeración por agua de mar usados en buques, submarinos y plantas "off-shore" entre otros, o sea que constituyen las aleaciones mas adecuadas para la fabricación de piezas expuestas a la acción agresiva de los iones cloruros presentes en el agua de mar. (2)

Una manera de mejorar la resistencia a la corrosión de estas aleaciones es incrementar el contenido de níquel hasta un máximo de 40 % p/p, porque se incrementa la resistencia iónica de los filmes protectores de los productos de corrosión. Contenidos superiores al 40 % no registran variaciones apreciables. (3)

Pequeñas cantidades de hierro son adicionadas a fin de incrementar en el material su resistencia al "impingement attack". El agregado de manganeso produce el mismo efecto y neutraliza, además, la posible presencia de sulfuros. (4) Ciertas impurezas (en particular plomo, fósforo y azufre) deben ser cuidadosamente controladas para no reducir su ductilidad y evitar problemas durante el proceso de manufactura, fabricación y soldadura. (5)

Para aguas a baja velocidad y flujo laminar se observa un tipo de corrosión generalizada con picado y deniquelacion. Este tipo de corrosión selectiva puede ser evitado desplazando el potencial electroquímico del sistema + 0,3 V con respecto al potencial de corrosión (Ec.). (6, 7, 8)

El producto de corrosión normal del cobre y sus aleaciones es el oxido cuproso (Cu_2O); la adición de níquel permite obtener filmes mas gruesos y mas protectores estabilizando el oxido cuproso formado evitando su disolución. Cuando la estructura es polarizada a potenciales catódicos, por ejemplo mediante corriente impresa, el contenido de níquel en el oxido se incrementa y favorece la formación del complejo trihydroxo cobre (II) monocloruro [$Cu_2 (OH)_3Cl$] el cual inhibe la velocidad de corrosión e incrementa la resistencia electrónica de los productos de corrosión. (9)

El cobre y el níquel forman una fase sólida altamente soluble cuando el contenido de este ultimo es inferior al 32% o sea que forman una aleación con una estructura metalúrgica cubica centrada en las caras de solución

sólida α . El hierro puede segregarse como una segunda fase pudiendo producir picado si no permanece en solución sólida. (4)

Ahora bien, cuando la velocidad de circulación supera a la máxima permitida para los CuNiFe 90:10 que es de 10 pies/seg., cuando el Numero de Reynolds es superior a 2000, cuando hay presencia de burbujas de aire o de sólidos en suspensión y cuando en el sistema se encuentran tuberías con derivaciones en ángulo recto o agudo siendo el radio de curvatura adecuado de 5 diámetros se origina un tipo de corrosión (corrosión- erosión) que no produce cambios estructurales en la composición del electrolito pero si, deteriora el film pasivo formado desprendiéndolo una y otra vez diminuyendo progresivamente el espesor de la tubería llegando a perforarla. (10)

Además, a aproximadamente 650 °C y suave velocidad de enfriamiento (propias de un proceso de soldadura) se produce a borde de grano una fase rica en hierro: se forman microceldas que originan una corrosión intergranuar que se traduce en un picado en zonas adyacentes a las uniones soldadas.(11) Este problema puede ser minimizado usando ánodos de sacrificio de acero dulce.(12)

En estas condiciones el reemplazo de las tuberías de cuproniquel con hierro se hacen necesarias; pudiéndose utilizar en su lugar otras de acero inoxidable austeniticos de alta performance (superausteniticos) o convencionales (serie 300) con molibdeno ya que este elemento actúa como inhibidor de la corrosión en agua de mar.(10) Este tipo de aceros inoxidables se considera los mas apropiados ya que poseen una fuerte compatibilidad electroquimica, una inmejorable resistencia al picado y una velocidad de circulación permisible; variables estas que se comprobaran mas adelante.

Los aceros inoxidables austeniticos (AIA) constituyen una aleación ternaria Hierro–Cromo-Niquel y contienen entre un 11 y un 27 % de cromo y desde un 7 a un 40 % de níquel. (13)

La fase austenitica es estable entre temperaturas menores a las del ambiente y los 1300 °C aproximadamente y corresponden a una estructura cristalina cubica centrada en las caras, muy dúctil y tenaz (FCC, Fe χ). Esto se debe a la presencia de níquel que posee una estructura cristalina FCC. (14)

Los AIA presentan un excelente comportamiento frente a la corrosión cuando su estructura es totalmente austenitica, es decir cuando los carburos de cromo complejos que en determinadas condiciones precipitan, se encuentran totalmente disueltos en solución sólida con la austenita, ello es debido a que todo el cromo esta disuelto en la fase χ, aumentando así su resistencia a la corrosión. La solución de los carburos se logra por tratamientos térmicos de ablandamiento, calentando a 1000 °C aproximadamente seguido de un enfriamiento rápido.

Existe una excelente correlación entre parámetros composicionales, microestructurales y de resistencia a la tracción y a la tensión de fluencia. Esta ultima no es afectada por el espaciado entre maclas ya que la energia de fallas de apilamiento es casi nula; lo opuesto ocurre con la rotura por tracción donde el espaciado entre maclas y en consecuencia la energía de fallas de

apilamiento son importantes. Otro parámetro a tener en cuenta en la rotura por tracción es el tamaño de grano.

Por su alta conformidad y soldabilidad son particularmente versátiles siempre que se realice una correcta elección del proceso de soldadura y del metal de aporte.

Las aplicaciones criogenicas de estos aceros son destacables dada la gran estabilidad de la estructura austenitica (Fe χ) y su apreciable resistencia mecánica, además no presentan magnetismo y endurecen rápidamente por trabajado. (15)

Es importante destacar, además que los aceros inoxidables austeniticos no posee un limite máximo de velocidad; pero si un limite mínimo de velocidad de circulación igual a 5 ft/seg. o sea 1,524 m/seg. (10)

PARTE EXPERIMENTAL

La viabilidad del reemplazo de tuberías de CuNiFe por otras de acero inoxidable austenico tiene tres variables a comprobar. Ellas son: compatibilidad electroquimica, velocidad de circulación del agua de mar adecuada para evitar la adherencia del macro y micro "fouling marino" y "crevice corrosion" o corrosión en rendijas y picado en aguas con velocidad de circulación cero.

Compatibilidad electroquimica

Es vital la semejanza galvánica existente entre las dos especies metálicas ya sea en condiciones estáticas como dinámicas.

En agua de mar natural estanca, los AIA (AISI 316) poseen un potencial electroquimico de –178 mV frente a un ECS comparado con - 198,4 mV de un cuproniquel con hierro 90:10. Esta medición fue llevada a cabo en el Laboratorio de Corrosión del Arsenal Naval Puerto Belgrano; algunos corrosionistas señalan que a bajas velocidades de flujo o en aguas poco aireadas el AISI 316 puede exhibir un potencial cercano a – 500 mV.

En agua de mar natural a una velocidad de circulación de 4 m/seg. y flujo turbulento, el potencial electroquimico del AISI 316 es de – 180 mV frente a un ECS contra – 280 mV de un cuproniquel con hierro en las mismas condiciones. (16)

Evitabilidad de depósitos calcáreos

En 1982 R. Lewis publico en USA un articulo donde se enunciaba que a velocidades de circulación iguales o superiores a 5 m/seg. no se producían depósitos calcáreos en las paredes de tuberías de aleaciones de base hierro.(17)

Esta excelente enunciación (evita la clorinacion del agua de mar) fue corroborada en el Laboratorio de Corrosión del Arsenal Naval Puerto Belgrano

en un sistema de circulación de un solo paso que utiliza agua marina que toma y devuelve al mar. La velocidad de circulación fue medida con un flujometro ultrasónico que actúa por efecto Doppler.

Esta medida nos indica que para un mismo caudal (Q) el diámetro interno (DN) de la tubería de acero inoxidable austenitico será menor lo que redunda en un ahorro importante de material y por ende económico. O sea que, si el Q se mantiene constante y la velocidad de circulación aumenta a 5 m/seg. el DN de la tubería acero inoxidable austenitico, tomando como base una de DN 80 de cuproniquel con hierro, será como mínimo de 66,93 mm. DN = 66,93 mm.

La Norma ASTM A 312 establece que el espesor de pared de estas tuberías será de aproximadamente 2,9 mm. (18)

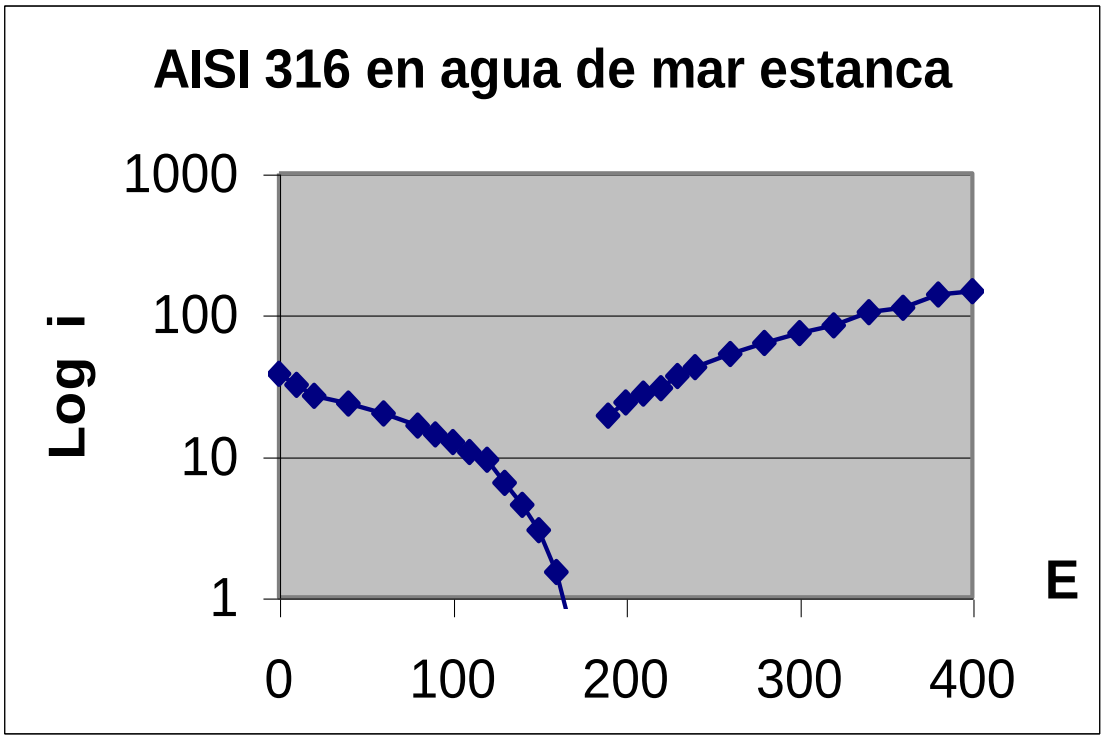
Corrosión por picado y en rendijas en aguas de mar estanca

Los AIA, en agua de mar estanca o circulando a baja velocidades (menor a 1,524 m/seg.) son susceptibles a ataques por corrosión en rendijas o por picado. Para el picado la formula PRE (Equivalente de resistencia al picado), que debe ser igual o superior a 40, nos orienta sobre este tipo de ataque corrosivo. (19)

$$PRE = \% Cr + (3{,}3 \% Mo) + (30 \% N)$$

Los aceros inoxidables austeniticos de alta performance superan con amplitud los 40 puntos debido fundamentalmente a la presencia de nitrógeno en su composición química y a la existencia de efectos sinergéticos entre este elemento y el molibdeno. (20)
Los aceros inoxidables austeniticos convencionales no poseen un puntaje igual o superior a 40 (en el caso del AISI 316, el PRE es aproximadamente igual a 28) por lo que presentan una velocidad de corrosión de picado que puede ser obtenida a través del procedimiento de extrapolación por Tafel (21), (se gráfica el logaritmo de la densidad de corriente vs el potencial), mientras que en el trazado de las curvas de polarización fue utilizado el método potencocinetico. Este estudio fue llevado a cabo con la colaboración del Departamento de Fisicoquimica de la Universidad Nacional del Sur.

El estudio electroquimico fue realizado en una celda de vidrio borosilicatado que contenía 350 ml, de agua de mar natural aireada de la dársena de Puerto Belgrano, a temperatura ambiente (25 C) siendo su pH de 7,6 y el contenido de Oxigeno de 6,19 ppm. medido usando el método de Winkler.
Las variables como temperatura, concentración, velocidad de flujo, etc. que pueden afectar la velocidad de corrosión se mantuvieron constantes, a fin, en primer lugar, de controlar todos aquellos parámetros que tienen algún efecto sobre el proceso de corrosión y, en segundo lugar, asemejar el conjunto celda – electrodo de trabajo a las condiciones reales de servicio.
Un electrodo de Platino y uno de calomel saturado (ECS) fueron usados como contraelectrodo y electrodo de referencia respectivamente. Este ultimo se encuentra saturado en una solución 4 M de cloruro de potasio y fue colocado a aproximadamente 1,5 mm. de la superficie del electrodo de trabajo, no utilizándose tubos capilares; ya que la caída ohmica del potencial debido a la resistencia de la solución no era importante , puesto que se trabajo con bajas densidades de corriente, no produciéndose interferencias en la distribución de la misma sobre el electrodo de trabajo en cuestión.
En la obtención de las curvas de polarización se fue variando el potencial en escalones de igual valor y se espero siempre el mismo tiempo antes de leer la corriente; para ello cada electrodo de trabajo fue colocado en la solución y polarizado potenciostaticamente dentro de los 15 minutos de inmersión, usando un potenciostato EGG Princeton, modelo 3417 (+/- 30 V – 1 A). Primeramente se midió el potencial a circuito abierto y luego se polarizo catódica y anodicamente a intervalos de 70 segundos entre cada polarización.



Las reacciones anódica y catódica que se produjeron en las interfaces antes mencionadas son:

Catódica: $O_2 + 2\,H_2O + 4e \rightarrow 4(OH)^-$

Anódica $Fe^{++} \rightarrow Fe^{+++} + 1e$

La presencia de oxigeno disuelto posibilita la corrosión de la especie, no siendo viable la reacción catódica de reducción de iones H^+. Los potenciales de corrosión se ubicaron del lado noble con referencia a la evolución de H.
La probeta de acero inoxidable AISI 316 posee un potencial de corrosión (E_{corr}) de –103 mV frente a ECS y una velocidad de corrosión (VC) de 12,10 $\mu A/cm^2$ lo que equivale a 30,225 mdd (miligramos de desgaste por dia y por decimetro cuadrado) o 0,138 mm. de penetración por cada año de presencia continuada del electrolito estanco; si anteriormente mencionamos que la tubería en estudio posee 2,9 mm. de espesor se necesitaran mas de 21 años para la perforación de la tubería.
Con referencia a la corrosión en rendijas, esta posee un Equivalente de resistencia a la crevice corrosion (CCRE) muy similar al PRE antes mencionado, por lo que los aceros inoxidables austeniticos de alta performance quedan excluidos de este tipo de ataque corrosivo. (22)
Los aceros inoxidables austeniticos convencionales presentan el mismo inconveniente que en la corrosión por picado pero el autor John Sedriks en su libro Corrosion of Stainless Steels nos indica que la probabilidad de iniciación de la crevice corrosion en agua de mar estanca a 15 C para un AISI 316 es del 2 % y que la profundidad máxima de ataque para el mismo acero es de 0,03 mm. (23)

Conclusiones

*-. El reemplazo de las tuberías de Cuproniquel con Hierro que conducen agua de mar natural es viable. Estas deben ser sustituidas por otras de acero inoxidable de estructura austenitica.

*-. Los aceros inoxidables austeniticos de sustitución deben poseer una velocidad de circulación igual o superior a 5 m/seg.

*-. Los aceros inoxidables austeniticos de alta performance o superausteniticos no presentan ningún tipo de inconveniente para el reemplazo, mientras que en caso de los AIA convencionales se recomienda el uso del AISI 316 estabilizado o del AISI 316L. Una de las ventajas del uso de estos AIA convencionales es su fabricación nacional.

Referencias

1-. Uhlig H. "Corrosion and its control" EE.UU. J. Wiley & sons Inc

2-. Bradley J. "Recents developments i n copper base alloys for naval applications" International Metallurgical Review 17, 1972

3-. North R. "The influence of corrosion products in CuNi alloys" U. K. Corrosion Science 10, 1971

4-. Metals Handbook – Phase Diagrams EE. UU. 1982

5-. Uhlig H. "Corrosion Handbook" EE.UU. J. Wiley & sons 1971

6-. Efird K. "Potential-pH Diagram for 90:10 and 70:30 CuNi in Seawater" EE. UU. Corrosion 31, 1975

7-. Jones D. "Analysis of Cathodic Protection" EE. UU. Materials Performance 1973

8-. Crenell J. "Cathodic Protection: Some Uncertainties" EE.UU. Materials Performance 21, 1981

9-. Blundy R. – Prior M. "The potential dependence of reactions products on CuNi alloys" U. K. Corr. Science 12, 1972

10-. La Que Marine Corrosion Causes and prevention EE. UU. J. Wiley & sons 1975

11-. Simoncini P.– Sánchez M. "Efecto de la temperatura sobre las transformaciones metalúrgicas de las aleaciones CuNi" XXII IACChE 2006 – V CAIQ

12-. Simoncini P. "Mild Steel Sacrificial Anodes in Copper Base Alloys (CuNiFe). Applied Investigation in Sea Water Refrigerated Systems" 1st Mexican Congress. Mexico 1990

13-. Calvo Rodes R. "Prontuario Metalotecnico" España 1978

14-. Barret H.-Massalski N. "Structure of Metals" McGraw-Hill Series 1978

15-. Shewmon R. "Transformations in Metals" McGraw-Hill Series 1981

16-. Metal Handbook

17-. Jones D. "Analysis of Cathodic Protection Criteria" EE.UU. Corrosion 1976

18-. Normas ASTM Part 1 Ferrous Metals EE.UU. 1980

19-. Todd B.- Oldfield J. "The Use of Stainless Steels and its Alloys in Desalinization Plants" Inter. Maritime Conference Bahrain 1984

20-. Fukuzuka T. "Relationships of Service Conditions in Seawater" 99th Japan Steel Association Convention 1980

21-. EG&G Princeton Applied Research "Application Note Corr" EE.UU. 1980

22-. Andersson D. "Statical Aspects of Crevice Corrosion in Seawater" ASTM STP-576 EE.UU. 1976

23-. Sedriks J. Corrosion of Stainless Steels EE. UU. J. Wiley & sons 1975

Trabajo Nº 183

REPARACIÓN DE EJE PORTAHÉLICE FISURADO DEL BUQUE LOGÍSTICO A.R.A. "PATAGONIA" (EX DURANCE RT)

CNIN JUAN EDUARDO PORTERO
ARMADA ARGENTINA
Comodoro Py 2055 – Piso 7º -. Of. 7-64/1
(1104) Ciudad Autónoma de Buenos Aires – República Argentina
e-mail: jeportero@ara.mil.ar

Resumen:

En oportunidad de realizarse las tareas de carenado del Buque Logístico A.R.A. "PATAGONIA", se detectó una fisura en el eje porta hélice de estribor (13.920 mm de largo, 418 mm de diámetro y 22 Tn de peso) que comprometía su utilización. Ante la falta de un eje de respeto se encaró su reparación conforme normas técnicas. El presente trabajo contempla:

1. Detección de la fisura.
2. Determinación del alcance de la avería.
3. Verificación dimensional.
4. Determinación del material del eje.
5. Ensayos no destructivos.
6. Tareas de enderezado previo.
7. Norma Técnica de aplicación.
8. Procedimiento de soldadura.
9. Calificación de soldadores.
10. Reparación.
11. Segundo enderezado en frío.
12. Verificación dimensional final.
13. Encamisado de bujes de bocina y de pie de gallo.
14. Plastificado.
15. Pruebas funcionales.

1. DETECCIÓN DE LA FISURA

Estando el buque en dique seco se observó una pérdida de aceite hidráulico en el eje de estribor, en la zona del pie de gallo, vertiendo aceite por el lado proel del buje de pie de

gallo. Esta situación determinó la extracción del eje para poder detectar el origen exacto de la pérdida, cuantificar la fisura y evaluar la posibilidad de reparación.

Estando el eje en el taller, y una vez desmontado de su interior las tuberías del mecanismo de control de paso de hélice, se realizó una prueba hidráulica a 0,6 bar, obturando los extremos del eje mediante bridas abulonadas. Este procedimiento posibilitó ver una fuga de aceite que fluía por el lado proel de la camisa correspondiente al buje de pie de gallo, pero no permitía determinar el lugar exacto de la fisura. Para ello se procedió a utilizar un endoscopio para localizar internamente la posición de la fisura, determinándose que existía una fisura en el eje localizada a 2.625 mm de la brida porta cubo de hélice, lo cual indicaba que había que desbastar 50 mm del lado proel de la camisa correspondiente al buje de pie de gallo para poder ver a simple vista la misma y cuantificar su magnitud.

2. DETERMINACIÓN DEL ALCANCE DE LA AVERÍA

Mediante el desbastado mecánico de la camisa de buje de pie de gallo se observó una fisura que abarcaba un arco de circunferencia de 560 mm (42,6 % del perímetro externo del eje) en forma perpendicular al eje.

Con el objeto de descartar otras fisuras se efectuó una nueva prueba hidráulica sellando la fisura detectada con una banda elástica, masilla y abrazaderas, resultando la prueba negativa.

Luego se procedió al desbastado total de las camisas correspondientes a los bujes de pie de gallo y de bocina y al retiro de la capa protectora del eje a los efectos de someter la totalidad del mismo a un control por partículas magnéticas y por ultrasonido, lo que permitió confirmar la ausencia de otras fisuras y concentrar todo el esfuerzo en la reparación de la fisura determinada.

3. VERIFICACIÓN DIMENSIONAL

A los efectos de verificar y constatar las medidas reales con las del plano de fabricación, necesarias para la verificación final luego de la reparación, se procedió a:

3.1. Verificación mediante Oscilación Radial: Eje apoyado sobre rodillos ubicados en el centro de cada cojinete (de bocina y de pie de gallo) tal como funciona en el buque y comparador centesimal. Resultado: Deformación en un plano en forma de arco abarcando toda la longitud del arco, con una flecha máxima de 1.03 mm, superando los valores de tolerancia:

- Tolerancia de Oscilación radial en los extremos: 0.12 mm.
- Tolerancia de Oscilación radial en resto del eje: 0,25 mm.

3.2. Verificación de la Longitud Total: la misma se efectuó mediante el uso del carro de una alesadora con control numérico, arrojando un valor medio de 13.896,41 mm, siendo la Tolerancia de longitud: +/- 1,5 mm.

3.3. Verificación de Dimensiones Generales:

Diám. Ext. Secc. Camisa pie de gallo: 418 mm.

Diám. Ext. Secc. Camisa de bocina: 416 mm.

Diám. Ext. Secc. Aros capa protectora: 417 mm.

Diám. Ext. Secc. Acoplamiento SKF: 390 mm.

Diám. Ext. Secc. Brida cubo hél.: 1020 mm.

Diám. Ext. Secc. Resto del eje: 410 mm.

Diám. Interno del eje: 192 mm.

Tolerancia diámetro interno: 0 – 0,3 mm.

4. DETERMINACIÓN DEL MATERIAL DEL EJE

Mediante análisis químico y metalográfico se determino:

- ACERO SAE 1040 NORMALIZADO.
- Composición química según SAE 1040.
- Propiedades mecánicas según AISI 1040.
- Recomendaciones según G.L. para componentes forjados para máquinas.

5. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Antes de comenzar la reparación, a cada lado de la fisura (hasta aproximadamente 500 mm del centro de la misma) se realizó control por ultrasonido y por partículas magnéticas, asegurándose la existencia de una única fisura.

6. TAREAS DE ENDEREZADO PREVIO

En virtud de la deformación detectada en el eje, se efectuó un primer enderezado en frío antes de la reparación, siguiendo los lineamientos de la Norma MIL 2191. El mismo se realizó con el eje apoyado en el centro de los cojinetes de bocina y de pie de gallo, y aplicando la fuerza de un gato hidráulico en la zona de flecha máxima. Se logró una mejora de alrededor del 50 % del desvío medido, interrumpiendo la operación de

enderezado hasta después de la reparación (luego de la soldadura y el tratamiento térmico) previendo que se requerirá un enderezado final por deformaciones que originará el propio procedimiento de soldadura.

7. NORMA TÉCNICA DE APLICACIÓN

- Norma MIL 2191: "Reparación por soldadura, enderezado y rolado en frío de ejes principales de propulsión".
- Norma MIL 271F: "Requerimientos para ensayos no destructivos".
- Germanister lloyd: "Reglas para la construcción y clasificación – tecnología para la soldadura y materiales. Parte I – materiales Metálicos".
- Reparación de ejes porta hélices – British Regulations 3001.
- Reparación e inspección de ejes de propulsión de buques – Instructions Buships Nº 94303C – Navships 250 – 637 – 5 (marina Americana).
- Reparación y enderezado mecánico para ejes de propulsión – Biblioteca Técnica ARPB.

8. PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Previamente se realizó un "Cupón de Soldadura", el cual permite fijar el procedimiento que finalmente se va realizar sobre el eje. Dicho cupón consistió en una placa de Acero SAE 1040 (el mismo material del eje) de 800 mm x 200 mm x 69 mm, cortada y biselada en la parte central, zona en la cual se realiza el procedimiento que se va a aplicar al eje, si los ensayos confirman las bondades del mismo.

El respaldo de la raíz de la soldadura se efectuó con cobre de 25 mm x 4 mm, con una ranura en su parte central de 5 mm de ancho por 0,8 mm de profundidad.

Una vez soldado el cupón se toman del mismo las probetas necesarias para:

- Ensayos de tracción.
- Ensayos de plegado.
- Ensayos de impacto.
- Ensayos de ultrasonido.
- Ensayos metalográficos.

Todos los ensayos se realizaron de acuerdo al código ASME, Sección IX.

Los resultados deben responder a los de un acero SAE 1040.

Con los resultados satisfactorios de los ensayos sobre el cupón, el procedimiento de soldadura adoptado para el eje fue:

a) Enmantecado de biseles con electrodo E8018-C3 mediante proceso SMAW y temperatura entre 200 ºC y 250 ºC, con posterior tratamiento de deshidrogenado entre 230 ºC y 250 ºC durante 3 horas.
b) Tratamiento térmico al enmantecado de los biseles entre 595 ºC y 616 ºC durante 2 horas.
c) Ensayo no destructivo de UT (Ultrasonic Test) y MT (Magnetic Test) al enmantecado y biseles antes de la soldadura.
d) Pasada de raíz con electrodo ER90S-G mediante proceso GTAW, con temperatura de precalentamiento de entre 150 ºC y 180 ºC. (al ser un eje hueco por contener en su interior las tuberías del dispositivo de control de paso de hélice, la pasada de raíz se efectúa sobre un aro de cobre, que actúa de apoyo, y cuyo diámetro exterior es igual al interior del eje).
e) Relleno del bisel con electrodo E 8018-C3 mediante proceso SMAW, con temperatura de precalentamiento de entre 200 ºC y 250 ºC.
f) Deshidrogenado a 250 ºC durante 4 horas y dejar enfriar lentamente al aire, cubriendo con mantas.
g) Tratamiento térmico final entre 595 ºC y 616 ºC durante 7,5 horas.
h) Ensayo no destructivo UT y MT antes y después del tratamiento térmico a la unión de soldadura.
i) Elaborar un Registro de Calificación del Procedimiento con las variables utilizadas.

9. CALIFICACIÓN DE SOLDADORES

Las operaciones de soldadura fueron realizadas por soldadores calificados de acuerdo a los requerimientos del Código ASME Sección IX.

10. REPARACIÓN

10.1. **Corte del eje**:

El corte del eje se realizó con fresa en la sección donde se encontraba localizada la fisura, a una distancia de 2608,50 mm medida desde el frente de la brida del cubo de la hélice.

LOGISTICO A.R.A "PATAGONIA"
EJE PORTAHELICE EB.
Informe Técnico N° 08/05



FOTO N°52

10.2. **Bisel para enmantecado**:

El bisel del corte se realizo mediante fresa.

LOGISTICO A.R.A "PATAGONIA"
EJE PORTAHELICE EB
Informe Técnico N° 08/05



FOTO N° 53

10.3. **Enmantecado del bisel y apoyo de escuadras**:

Se efectuó enmantecado por soldadura aportando una capa de 10 mm sobre la cara biselada recuperando la longitud del eje. En la misma operación se efectuó también un enmantecado de 3 mm de espesor en cuatro sectores situados a 90º de las generatrices de los dos tramos del eje cortado, con la finalidad de soldar, sobre esos

enmantecados, el dispositivo para unir y mantener alineadas las partes en que quedó el eje luego del corte.

La operación se realizó precalentando las zonas entre 200 ºC y 250 ºC y posterior deshidrogenado durante 3 horas entre 230 ºC y 250 ºC.

10.4. **Tratamiento térmico posterior a los enmantecados**:

Los dos tramos de eje fueron colocados en un horno, sobre un apoyo alineado y nivelado para evitar deformaciones del eje por peso propio cuando alcance las máximas temperaturas del tratamiento térmico. Las desviaciones registradas respecto de una línea imaginaria en los planos vertical y horizontal fueron del orden del milímetro, lo que se consideró aceptable. El tratamiento térmico se realizo entre 595 ºC y 615 ºC durante 2 horas, calentando y enfriando a razón de 50 ºC/hora a partir de los 300 ºC.

Luego del tratamiento térmico se emparejó el enmantecado mediante amolado y se realizaron ensayos de UT, MT y PT con resultados satisfactorios.

10.5. **Dispositivo para mantener unido y alineado el eje durante la operación de soldadura**:

Se realizó un dispositivo mediante escuadras soldadas al eje, que permitió que los dos tramos del eje a unir se mantuvieran unidos en forma rígida y alineada durante el proceso de soldadura.

LOGISTICO ARA PATAGONIA
EJE PORTAHELICE EB
INFORME TECNICO Nº 08/05

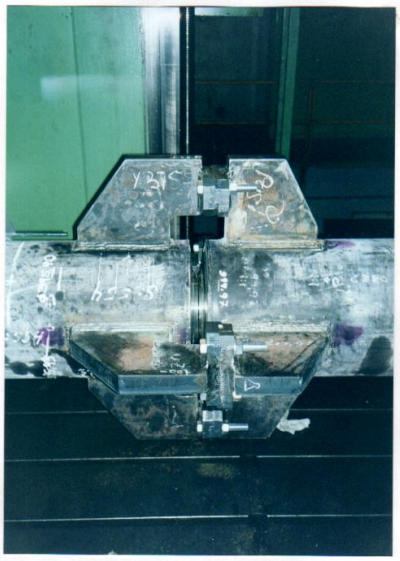


FOTO N88

10.6. **Mecanizado del bisel y de los encastres del dispositivo para unir ambos tramos a soldar**:

Mediante alesadora se efectuó el mecanizado del bisel de soldadura y de los encastres macho - hembra del dispositivo de unión/alineación de ambos tramos del eje. Los encastres macho – hembra se mecanizaron en forma concéntrica y colineal con los ejes de cada tramo, permitiendo una buena alineación entre los dos tramos del eje a unir mediante la soldadura.

10.7. **Encastrado y fijación del dispositivo para unir y soldar el eje**:

Se efectuó el encastrado del dispositivo para unir y soldar el eje colocando en esa operación el aro de cobre de respaldo de la soldadura de raíz. Luego del encastrado se fijó el dispositivo mediante bulones, quedando el encastre asegurado mediante cordón de soldadura luego del precalentamiento del eje.

10.8. **Operación de soldadura**:

10.8.1. **Disposición del eje**:

El eje se dispuso en posición horizontal sobre una alesadora apoyado sobre tres rodillos, contando el par de rodillos centrales con virador con regulador de velocidad para poder girar el eje conforme lo requiera la operación de soldadura.

10.8.2. **Control de distorsión durante la soldadura**:

Se dispusieron comparadores centesimales en el plano vertical y horizontal, en los extremos y centro del eje.

Luego de alcanzar la temperatura de precalentamiento establecida (mínimo 150 ºC), se colocaron ocho comparadores (ajustados a la mitad de sus recorridos: 5 mm) para poder registrar deformaciones de cada capa de soldadura aportada, no superando los 3 mm de variación durante toda la operación.

10.8.3. **Relleno del bisel de soldadura**:

Los pasos del relleno del bisel fueron:

a. Se comenzó con la soldadura de la raíz con proceso TIG, efectuando dos pasadas en posición vertical ascendente y en posición bajo mano, con un solo soldador.

   El bisel circular se dividió en cuatro sectores de 90º cada uno identificados A-1 y A-2 (ambos diametralmente opuestos) y B-1 y B-

2 (también diametralmente opuestos). El aporte de raíz siguió la siguiente secuencia: A-1, A-2, B-1 y B-2.

b. Efectuada las dos pasadas con proceso TIG se realizo MT en caliente, con resultado satisfactorio.
c. Se elevó la temperatura a 200 ºC y se comenzó a soldar con proceso SMAW con dos soldadores simultáneamente en los sectores B-1 y B-2 dando una capa de dos cordones con electrodo de 3.25 mm de diámetro. Se giro el conjunto 90º y se completo la capa de soldadura en los sectores A-1 y A-2.
d. Se repitió el paso c..
e. Se repitió nuevamente el paso anterior, pero con dos capas de soldadura por vez y utilizando electrodos de 4 mm hasta alcanzar aproximadamente 40 mm de espesor.
f. Alcanzado los 40 mm de espesor se elevó la temperatura hasta 250 ºC, manteniendo por 3 horas y dejando enfriar lentamente cubriendo con mantas, consiguiendo deshidrogenar la soldadura.

   La finalidad de efectuar el relleno con soldadura hasta los 40 mm es para que en caso de detectar fallas en la parte más profunda de la soldadura, tener la posibilidad de repararla con mayor facilidad que si se debiera hacer al final de la soldadura.
g. Finalizado el "deshidrogenado" se efectuó ensayos no destructivos de MT y UT a temperatura ambiente e inspección visual de raíz, con resultados satisfactorios.
h. Se precalentó nuevamente a una temperatura mínima de 200 ºC y se completó el relleno del bisel en forma secuencial en los sectores A-1, A-2, B-1 y B-2, utilizando electrodos de 4 y 5 mm de diámetro.
i. Finalizado el relleno se realizó nuevamente "deshidrogenado" de la soldadura.
j. Se efectuó nuevamente ensayos de MT y UT a temperatura ambiente, con resultados satisfactorios, como paso previo al tratamiento térmico.

10.8.4. **Tratamiento Térmico**:

Se efectuó introduciendo el eje en horno, apoyado sobre una base alineada y nivelada, llevando la temperatura hasta 590/610 ºC durante 3 horas. El eje se protegió de la oxidación con pintura a la cal y se efectuó la combustión del horno con bajo nivel de oxígeno.

10.9. **Eliminación del dispositivo para unir el eje, cepillado y suavizado de defectos superficiales**:

Mediante electrodos de carbón se "descosieron" las ocho escuadras del dispositivo de unión de ambos tramos del eje. Posteriormente se eliminaron las sobremontas donde se encontraban soldadas las escuadras y la sobremonta de la soldadura. Asimismo se efectuó un cepillado y posterior suavizado mediante amoladora de los defectos superficiales que presentaban mayor posibilidad de efecto de entalla.

10.10. **Ensayos no destructivos finales**:

Se realizaron Tintas Penetrantes y UT a la unión soldada con resultados satisfactorios.

10.11. **Verificación del diámetro interno del eje en la zona soldada**:

Se construyó un calibre pasa-no pasa de diámetro 190,62 mm para verificar que pudiera pasar libremente la tubería del sistema de control de paso de hélice. Se detectó una reducción del diámetro interno del eje, lo que implicó realizar una corrección interior mediante amolado, hasta alcanzar el diámetro fijado.

11. SEGUNDO ENDEREZADO EN FRÍO

Se requirieron dos pasos de enderezados en frío (reacomodación molecular por vibraciones: prensa hidráulica y golpes con amortiguación de placa de cobre sobre el eje) hasta lograr los valores dentro de tolerancia.

12. VERIFICACIÓN DIMENSIONAL FINAL

a. Oscilación radial: se efectuaron 23 puntos de verificación con resultado satisfactorio.
b. Longitud total: Se obtuvo un valor promedio de 13.898,5 mm, considerado aceptable por estar entre la longitud inicial medida en el eje y la indicada en el plano original.

13. ENCAMISADO

Las camisas correspondientes a los bujes de bocina y pie de gallo fueron fabricadas por la empresa Nodulfer Berisso en bronce Norma SAE 62, siendo mecanizadas y colocadas por el ARPB de la Armada Argentina.

14. **PLASTIFICADO**

Se realizo el plastificado del eje con PRFV.

15. **PRUEBAS FUNCIONALES**

Se realizaron navegaciones a diferentes regímenes de revoluciones hasta alcanzar valores máximos, tomándose mediciones de vibraciones, con resultados satisfactorios. Quedando la Unidad en operación sin limitaciones operativas.

A INFLUENCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA DE ALIMENTAÇÃO NA PLANTA DE VAPOR

Mauricio Sanches Garcia
Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro
Seção de Reparo de Caldeiras
Rio de Janeiro – RJ – Brazil
mauricio.Sanches@amrj.mar.mil.br

1. Introdução

Diversos processos industriais e sistemas de geração de potencia utilizam vapor como fluido de trabalho. A qualidade do vapor utilizado é fundamental para a conservação e a confiabilidade dos componentes do sistema. Este parâmetro é obtido através do controle químico da água de alimentação em uma planta de vapor. De modo geral, o controle envolve: a produção de água destilada de boa qualidade na planta de destilado; a detecção e a eliminação de contaminantes da água de reserva, condensado e água de alimentação e a manutenção da qualidade da água de alimentação dentro dos limites recomendados pela adição de elementos químicos e processos de extração de contaminantes da caldeira.
A utilização da água de alimentação em condições impróprias resulta em falhas na caldeira. Estas falhas, além de indisponibilizarem os equipamentos, acarretam em elevados custos operacionais e de manutenção. As avarias são caracterizadas por depósitos indesejáveis no lado da água, corrosão e arrastamento. Os depósitos restringem a transferência de calor através dos tubos da caldeira e eventualmente conduzem a falhas. A formação de lama, em excesso na caldeira, oriunda de extrações inadequadas e as escamações nos tubos devido ao tratamento químico incorreto irão resultar em depósitos do lado da água. A corrosão e a perda de espessura dos metais são causadas de diversas maneiras, entre as quais: tratamento químico insuficiente ou tratamento químico além do necessário da água de alimentação e a presença de oxigênio.
Esta contribuição apresenta as teorias de tratamento de água de caldeira sobre as quais os controles de qualidade são estruturados. O objetivo é fornecer orientações de engenharia para utilizadores de vapor, tanto na propulsão naval como em atividades industriais e seus processos produtivos, porem será dada ênfase em sistema de propulsão naval.

2. Ciclo de vapor

O controle efetivo da água de alimentação requer a compreensão do ciclo termodinâmico através do qual a água sofre as transformações de fase e a importância de manter a qualidade adequada da água para evitar avarias nos diversos componentes do sistema.
De forma resumida, a planta de propulsão a vapor pode ser compreendida como um ciclo fechado, na qual a água de alimentação da caldeira é aquecida para geração do vapor. Este vapor realiza então trabalho nas turbinas principais e é condensado, retornando para o sistema. Normalmente a água para este ciclo é obtida da água do mar, que para ser utilizada precisa ser tratada, no grupo destilatório para a produção do destilado. Esta é armazenada

em tanques de água de reserva até que seja utilizada como água de suprimento. Quando há a necessidade de completar as perdas do sistema, esta água é bombeada para o sistema de condensado onde é misturada com o condensado. O condensado é então bombeado para o tanque aquecedor desarejador que remove o oxigênio dissolvido e outros gases. Nesta condição a água é chamada de água de alimentação, podendo ser é bombeada para a caldeira. No gerador de vapor, o calor é adicionado ao sistema, ocorrendo à transformação para a fase vapor que é utilizado como energia potencial para acionar as turbinas principais, aonde ocorre à transformação da energia potencial do vapor em energia cinética nas palhetas da turbina e finalmente em energia mecânica no eixo. A energia do vapor é ainda utilizada em máquinas auxiliares e em diferentes sistemas do navio. No condensador há a remoção de calor do vapor e a transformação para a fase liquida. O condensado está pronto para ser utilizado novamente no ciclo. Teoricamente este ciclo é fechado e opera continuamente. A mesma água permanece no sistema, exceto em casos de perdas, como em caso de vazamentos e extrações de fundo.
A figura 1, abaixo, representa esquematicamente o ciclo de vapor.

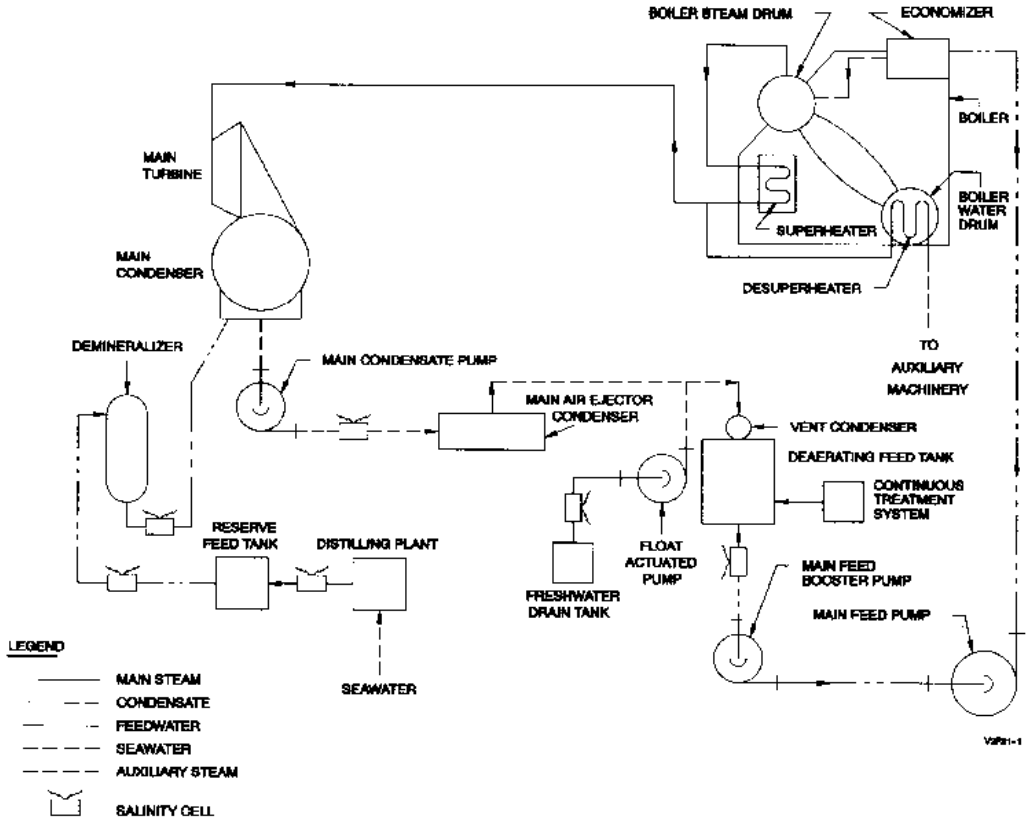


Figura 1 – Representação esquemática do ciclo de água no ciclo de vapor

A bordo dos navios, a água utilizada no sistema de geração de vapor recebe diferentes denominações. A água destilada armazenada em tanques é chamada de **água de alimentação de reserva**, a água que flui do sistema de condensado para os tanques de alimentação é chamada **água de suprimento.**

Caso haja desmineralizador no navio, a água que flui do desmineralizador para o sistema de condensado é chamada de **água de suprimento desmineralizada**.
Após o vapor realizar trabalho, ele retorna para o estado liquido pelo resfriamento no condensador. Este equipamento é um trocador de calor, no qual o vapor sob vácuo flui e é condensado nos tubos resfriados internamente pela água do mar. O liquido condensado do vapor é chamado de condensado. O condensado de varias partes do sistema é combinado com a água de suprimento para manter a quantidade correta de água no sistema. Esta é envida para o tanque aquecedor desarejador (T.A.D), aonde o oxigênio e outros gases são removidos da água . A descarga do T.A.D é chamada de água de alimentação desarejada. O T.A.D é projetado para manter o oxigênio dissolvido na água de alimentação até 15 ppb. No sentido amplo, o termo água de alimentação refere-se aos vários sistemas de alimentação de água. No sentido estrito, o termo água de alimentação define a água contida entre o T.A.D e a caldeira, que não deve ser confundida pois possui uma qualidade especial, uma vez que é desarejada. Esta água quando entra no tubulão de vapor da caldeira é definida como água da caldeira. O termo **água da caldeira** descreve a água no tubulão de vapor, coletores e tubos geradores da caldeira.
O ciclo de vapor pode ser dividido em três partes principais: Sistema de alimentação propriamente dito; Sistema de condensado; e Sistema de drenagens.

Resumidamente, o **sistema de alimentação** é composto do tanque aquecedor desarejador (TAD), que realiza o desarejamento (eliminar parte dos gases como oxigênio, gás carbônico e a amônia) da água de alimentação antes de alimentar as caldeiras, de aquecedores de alimentação, economizador e bombas de alimentação da caldeira, abrangendo as bombas de recalque, bombas de alimentação principal e tanques para armazenamento de água de reserva. Existem ainda bombas de suplemento para transferir água dos tanques de reserva para o sistema de alimentação.

O **sistema de condensado** consiste em condensadores principais e auxiliar, sendo que os primeiros recebem vapor proveniente das máquinas propulsoras enquanto o último recebe o vapor proveniente dos turbo-geradores. O vapor de descarga das auxiliares, não utilizado nos aparelhos de troca de calor, poderá ir para o condensador principal ou para o condensador auxiliar. O meio de remoção do condensado dos condensadores é através de uma bomba de extração de condensado e um ejetor de ar que remove o ar. A bomba de extração do condensado descarrega no sistema de alimentação e o ejetor de ar descarrega o ar na atmosfera.

Além do sistema de água de alimentação, existe o grupo destilatório, cuja função é vaporizar a água do mar, e através de processos físicos, transformá-la em água de suplemento para alimentação da caldeira e uso geral no Navio. Um ou mais vaporizadores associados a um grupo de condensação, bombas e alguns acessórios são conhecidos como grupo destilatório. Estes equipamentos tornam o Navio independente de fontes externas de água doce, e possibilitam o fornecimento de água para alimentação das caldeiras com qualidades superiores às da água obtidas em terra.

3. Fluxo de água na caldeira

As caldeiras têm seu princípio de funcionamento baseado na diferença de densidade dos fluidos que nela estão presentes, isto é, a água e vapor. A água de alimentação das caldeiras aquecida no feixe tubular da caldeira e no tubulão, se transforma em vapor. Em decorrência deste aquecimento, resulta uma corrente ascendente do fluido mais quente (vapor) e uma

corrente descendente do fluido mais frio (água). Estas correntes tomam o nome de corrente de convecção.O fluido mais quente (vapor) sai do tubulão e passa pelo superaquecedor onde recebe uma quantidade adicional de calor, elevando sua temperatura até a desejada. Este vapor que passa pelo superaquecedor é chamado de **vapor principal** e se destina a trabalhar nas máquinas principais (turbinas), sendo descarregado no condensador principal onde, resfriado pela água do mar, transforma-se em condensado, diminuindo em muito seu volume o que provoca um vácuo no condensador que é mantido pelo ejetor de ar.
O condensado é aspirado do condensador pela bomba de extração de condensado, ou simplesmente bomba de condensado, e descarregado no tanque aquecedor desarejador (T.A.D), através do condensador dos ejetores, onde é aquecido pelo vapor utilizado neste aparelho. No T.A.D, o condensado é aquecido pelo vapor de descarga das auxiliares e drenagens de alta pressão (principais fontes de aquecimento da água de alimentação), sendo então desarejado. O condensado se constitui assim na água de alimentação das caldeiras, que é aspirada da câmara de armazenamento do T.A.D. pela bomba de recalque e descarregada na aspiração da bomba de alimentação principal (B.A.P), de onde será descarregada na caldeira com pressão superior a desta, através do economizador. No economizador, antes de entrar no tubulão da caldeira, a água de alimentação sofre mais um aquecimento dado pelos gases quentes da combustão do óleo queimado na fornalha, e assim reinicia o ciclo.

4. Requisitos da água de alimentação.

A qualidade da água de alimentação da caldeira é fator fundamental para confiabilidade e o bom funcionamento do sistema.
O tratamento de água de caldeiras é realizado com o intuito de impedir as seguintes anormalidades:

a) corrosão do lado de vapor e água do gerador;
b) formação de incrustações e depósitos nas paredes dos tubos e tubulões; e
c) arrastamento de materiais contaminantes da água da caldeira para as demais partes do sistema de vapor, como redes, válvulas e turbinas (carryover).

De uma forma sucinta, este tipo de tratamento consiste do método conhecido como *coordenada pH-fosfato*.
O pH da água da caldeira é mantido em um nível próximo ao da neutralidade (de neutro a alcalino) por meio da adição de soda cáustica. A figura 2 mostra o ataque corrosivo em função do ph da água. O controle do nível de alcalinidade da água da caldeira serve para minimizar a corrosão metálica, seja ácida ou cáustica, e, também formar íon hidroxila (OH) necessário para reagir com o magnésio oriundo da água salgada, de forma a neutralizar a acidez da água. A reação química que ocorre pode ser expressa por:

$$Mg^{+2} + 2\ OH^{-} \quad \rightarrow \quad Mg\ (OH)_2$$

Porém, no caso da água permanecer alcalina, com pH superior a 12, o hidróxido dissolvido na água, reage com o cálcio e o magnésio formando lama. Se a lama não for removida pode ocorrer de contaminar até as regiões superiores da caldeira. As figuras 3 e 4 apresentam tubos do tubulão superior com lama.

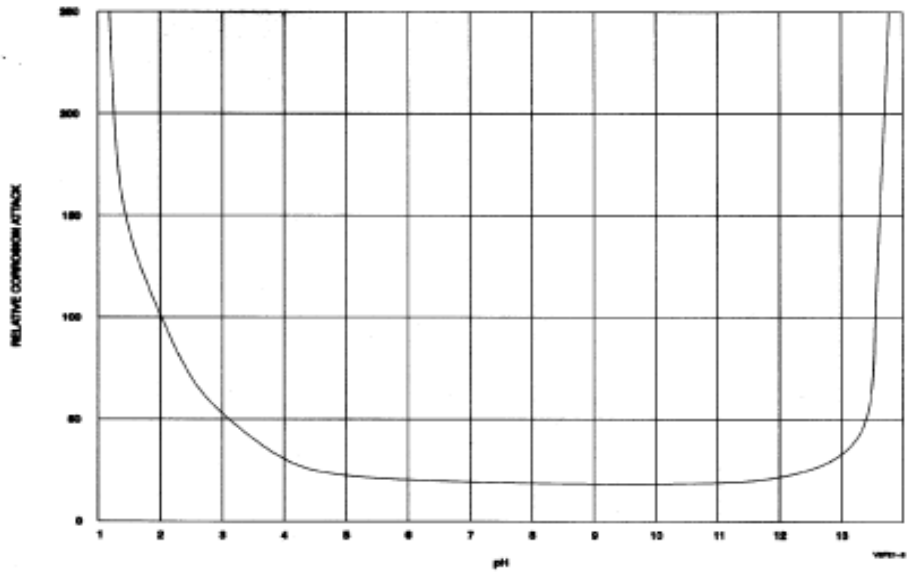


Figura 2 – Ataque corrosivo em função do ph.

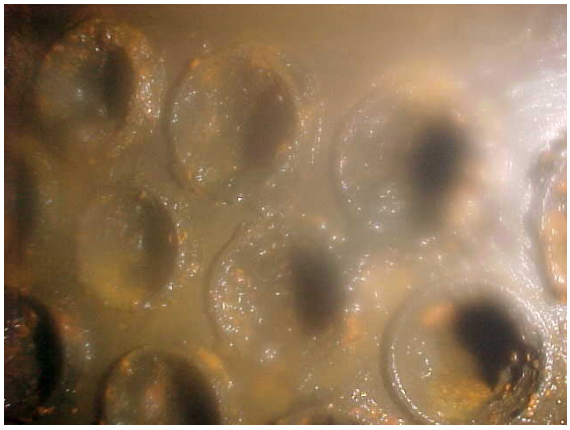


Figura 3 – Lama na tubulação do tubulão superior.

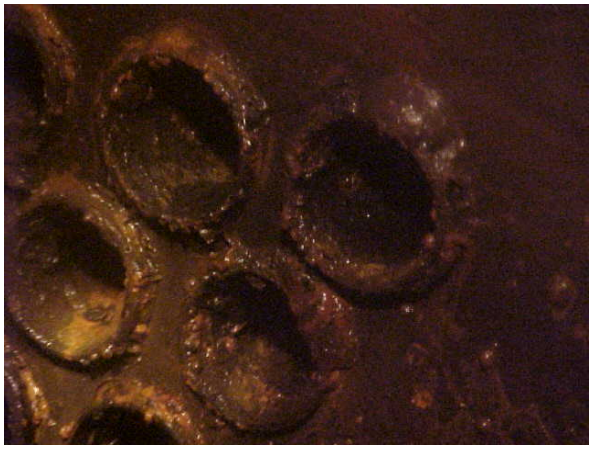


Figura 4 – Detalhe da lama

Os fosfatos são adicionados à caldeira para a decantação dos sais de cálcio e magnésio oriundos da água do mar na forma de lama, sendo retirada posteriormente por extrações de fundo. A lama é proveniente da reação química entre o fosfato e material em suspensão, que entra na caldeira através da água de alimentação, e as partículas sólidas produzidas pela reação química do tratamento da água com o cálcio, magnésio, e o ferro, entre outros, aglomerados na água da caldeira.
Neste tipo de método, a condutividade elétrica da água da caldeira, bem como o índice de íons cloretos, são utilizados para o monitoramento do nível de contaminantes em suspensão e dissolvidos na água, estabelecendo a necessidade da realização de extrações de superfícies.

A qualidade da água da caldeira, bem como da água de alimentação da planta de geração de vapor, é primordial para a sua conservação e de todo o sistema de condensado e vapor, estando os seus limites estabelecidos por diversas normas e fabricantes de produtos químicos, conforme a tabela 1 o quadro abaixo, para caldeiras de média pressão:

Parâmetros	NAVSEA	Ashland
pH	0,1 – 1,0 epm	----
Alcalinidade parcial (ppm)	-----	90 a 130
Fosfatos (ppm)	10 - 40	20 – 40
Condutividade (μmho/cm)	≤ 500	≤ 700
Cloretos (ppm)	≤ 35.5	≤ 40
Ferro (ppm)	-----	0.01

Tabela 1 – limites recomendados

O código ASME recomenda os seguintes limites para caldeiras industriais, de acordo com as pressões de trabalho. A tabela 2 apresenta estes limites.

Feedwater Property	0 - 2068 KPa (0 - 300 psig)	2075-3103 KPa (301-450 psig)	3110 - 4137 KPa (451 - 600 psig)	4144 - 5171 KPa (601 - 750 psig)	5178 - 6205 KPa (751 - 900 psig)	6212 - 6895 KPa (901 - 1000 psig)	6902-10,342 KPa (1001 - 1500 psig)	10,349-13,790 KPa (1501 - 2000 psig)
Dissolved oxygen (ppm O_2) before adding chemical oxygen scavenger	< 0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007	< 0.007
Total iron ppm Fe (as Fe)	≤ 0.1	≤ 0.05	≤ 0.03	≤ 0.025	≤ 0.02	≤ 0.02	≤ 0.01	≤ 0.01
Total copper ppm Cu (as Cu)	≤ 0.05	≤ 0.025	≤ 0.02	≤ 0.02	≤ 0.015	≤ 0.01	≤ 0.001	≤ 0.001
Total Hardness ppm (as $CaCO_3$)	≤ 0.03	≤ 0.03	≤ 0.02	≤ 0.02	≤ 0.1	≤ 0.05	ND	ND
pH at 25 °C (77 °F)	8.3-10.0	8.3-10.0	8.3-10.0	8.3-10.0	8.3-10.0	8.3-9.6	8.3-9.6	8.3-9.6
Chemicals for pre-boiler system	NS	NS	NS	NS	NS	VAM	VAM	VAM
Non-volatile TOC ppm (as O_2)	< 1	< 1	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Oily matter ppm	< 1	< 1	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.2	< 0.2	< 0.2

NOTES:
1. Makeup water percentage: Up to 100% of feedwater.
2. Assumes existence of deaerator.
3. Conditions: Includes superheater, turbine drives, or process restriction on steam purity.
4. Saturated steam purity target as shown.
5. NS = not specified.
6. ND = not detectable.
7. VAM = Use only volatile alkaline materials upstream of a temporary water source.

Tabela 2 – Limites recomendados pelo Código ASME

5. Problemas relacionados à qualidade da água da caldeira

Os problemas mais comuns relacionados à qualidade da água de alimentação no interior do sistema da caldeira são a corrosão, depósitos e o arrastamento.

5.1 Problemas de corrosão

Os problemas de corrosão são resultado da ação do oxigênio e do efeito do pH, alto ou baixo em componentes metálicos, incluindo os tubos da caldeira, os tubulões de vapor e coletores, que são de aço carbono. A corrosão também pode ocorrer da alcalinidade excessiva da água da caldeira. Este ataque caustico é mais comum de ocorrer com formação de depósitos, aonde elevada concentração local de hidróxidos não permite o correto resfriamento da região, criando zonas aquecidas no interior dos tubos. O ataque corrosivo pode ocorrer tanto em regiões que precedem a caldeira, bem como em seções após a caldeira, pois ambos são construídos de aço carbono. A corrosão pode resultar na perda de metal, estas situações quando atingem mais de 50% da espessura do tubo podem levar a uma falha catastrófica. A corrosão em linhas de vapor e condensados, localizados após a caldeira, pode ocasionar vazamentos que conduzem em perda de condensado, situação que exige aumento da demanda de energia, água e produtos químicos. Além de criar uma situação insegura a tripulação. A figura 5 apresenta tubulação com ataque corrosivo.

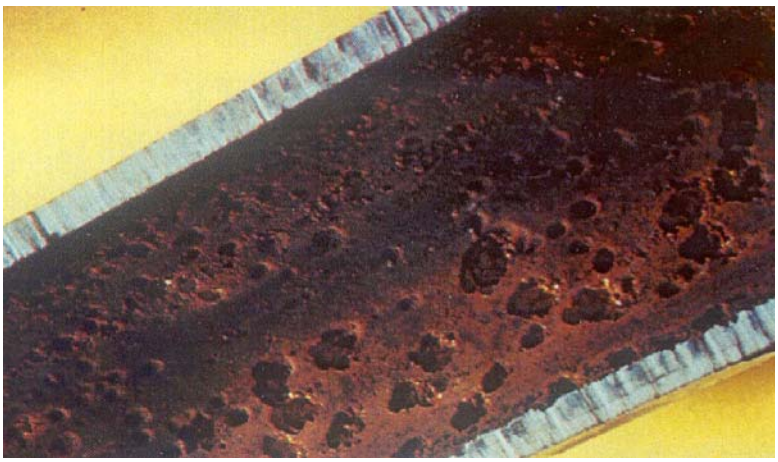


Figura 5 – Ataque corrosivo no interior do tubo - pittings

Para manter a água acida é necessário aumentar os íons hidrogênio ou diminuir os íons hidroxila. Quando o íon magnésio, na água em alta temperatura, entra em contato com a hidroxila a solução torna-se acida. Esta reação é dada por:

$$\underset{\text{(magnesium ion)}}{Mg^{2+}} + \underset{\text{(water)}}{2HOH} \xrightarrow[\text{heat}]{\Delta} \underset{\text{(magnesium hydroxide)}}{Mg(OH)_2\downarrow} + \underset{\text{(hydrogen ion)}}{2H^+}$$

O hidróxido de magnésio precipita como depósito e o íon hidrogênio, agora em excesso torna a água acida. Este fenômeno ocorre quase que exclusivamente quando há contaminação por água do mar, devido a grande quantidade de magnésio na água do mar.
A acidez na água da caldeira provoca a dissolução da camada apassivadora de Fe_3O_4, permitindo um ataque ainda maior no metal da caldeira.

$$\underset{\text{(iron metal)}}{Fe^{\circ}} + \underset{\text{(hydrogen ion)}}{2H^{+}} \rightarrow \underset{\text{(dissolved iron)}}{Fe^{2+}} + \underset{\text{(hydrogen)}}{H_2}$$

Para manter a água alcalina é necessário ou aumentar os íons hidroxila ou diminuir os íons hidrogênio na água da caldeira.
Quando mais íons hidroxila estão disponíveis na água da caldeira do que os necessários para reagir com o disodifosfato para formar o trisodifosfato, o excesso de hidroxila irá concentrar-se em regiões propícias a corrosão, como poros ou descontinuidades superficiais. A concentração de hidroxilas nestas regiões causa corrosão e perda de material do tubo da caldeira.
As reações químicas que ocorrem são:
a) Dissolução da camada protetora de magnetita:

$$\underset{\text{(magnetite)}}{Fe_3O_4} + \underset{\text{(sodium hydroxide)}}{4NaOH} \rightarrow \underset{\text{(sodium ferrite)}}{2NaFeO_2} + \underset{\text{(sodium hypoferrite)}}{Na_2FeO_2} + \underset{\text{(water)}}{2HOH}$$

b) Reação com o metal base:

$$\underset{\text{(iron)}}{Fe^{o}} + \underset{\text{(sodium hydroxide)}}{2NaOH} \rightarrow \underset{\text{(sodium hypoferrite)}}{Na_2FeO_2} + \underset{\text{(hydrogen)}}{H_2\uparrow}$$

Uma condição de pH excessivamente alto na água da caldeira pode ocorrer, geralmente, por dois motivos: adição, em excesso, de soda caustica (NaOH), durante o tratamento químico, ou contaminação com água não tratada. A água não tratada possui grande quantidade de bicarbonato, em comparação com a água do mar. Na caldeira o bicarbonato se dissolve de acordo com a equação abaixo:

$$\underset{\text{(bicarbonate ion)}}{HCO_3^-} \xrightarrow[\text{heat}]{\Delta} \underset{\text{(carbon dioxide)}}{CO_2\uparrow} + \underset{\text{(hydroxyl ion)}}{OH^-}$$

O íon hidroxila aumenta o pH enquanto que o dióxido de carbono, um gás, é carregado pelo vapor.
A corrosão oriunda da soda caustica pode ser tão severa quanto à corrosão acida. Chama-se de corrosão caustica, apesar da soda caustica não ser a única origem dos íons hidroxila.

O principal exemplo de corrosão caustica é o pitting em curvas inferiores dos tubos da cortina dágua.

A contaminação por bicarbonato também causa a formação de ácidos, não na caldeira, mas no vapor. De acordo com a equação acima, o bicarbonato, oriundo tanto da água do mar, como de água não tratada do cais, forma não apenas íons hidroxila, como também dióxido de carbono. O dióxido de carbono carregado com o vapor se dissolve e reage com o vapor formando hidrogênio e íons bicarbonato, conforme abaixo:

$$\underset{\text{(carbon dioxide)}}{CO_2} + \underset{\text{(water)}}{HOH} \rightarrow \underset{\text{(carbonic acid)}}{H_2CO_3} \rightarrow \underset{\text{(hydrogen ion)}}{H^+} + \underset{\text{(bicarbonate ion)}}{HCO_3^-}$$

O íon hidrogênio deixa acido o condensado. Tanto o íon hidrogênio e o íon bicarbonato entram na água da caldeira.

$$\underset{\text{(hydrogen ion)}}{H^+} + \underset{\text{(bicarbonate ion)}}{HCO_3^-} \xrightarrow{\Delta \text{ heat}} \underset{\text{(hydrogen ion)}}{H^+} + \underset{\text{hydroxyl ion)}}{OH^-} + \underset{\text{(carbon dioxide)}}{CO_2} \rightarrow \underset{\text{(water)}}{HOH} + \underset{\text{(carbon dioxide)}}{CO_2}$$

O dióxido de carbono recircula no sistema e torna o condensado acido novamente. Este condensado acido causa corrosão de todo sistema de condensado e alimentação e é particularmente perigoso na presença de oxigênio dissolvido. Os produtos da corrosão do sistema de condensado e alimentação são então carregados para a caldeira aonde contribuem para a formação de lama.

5.2 Problemas de depósitos.

Cálcio e magnésio são os principais constituintes da dureza e a principal fonte de origem de depósitos em caldeiras e em sistemas de alimentação e trocadores de calor. A formação de depósitos de hidróxido de magnésio já foi descrita anteriormente. Na água da caldeira, os depósitos de sulfato de cálcio ($CaSO_4$) também são formados devido à presença do sulfato de cálcio, tanto na água do mar, como na água doce do cais. Este composto se torna menos solúvel conforme a temperatura da água aumenta. Quando a solubilidade limite é alcançada, sulfato de cálcio sólido se precipita como depósitos na superfície dos tubos da caldeira. Depósitos encontrados no sistema de alimentação são usualmente compostos por carbonato de cálcio e sulfato de cálcio, resultantes de vazamentos de água potável no sistema de drenagem que contamina a caldeira.
O carbonato de cálcio é raramente encontrado em caldeiras de alta pressão, pois se decompõem em altas temperaturas.
Todos os depósitos agem como isolantes térmicos e reduzem a transferência de calor de uma superfície particular do tubo da caldeira. Este efeito faz a temperatura do metal aumentar até ocorrer um sobreaquecimento (800ºF) e o amolecimento do metal, posteriormente, ocorre o crescimento da superfície, em forma de ovo (950F) e o rompimento do tubo. A figura 6 apresenta um tubo com depósitos acentuados em seu interior.

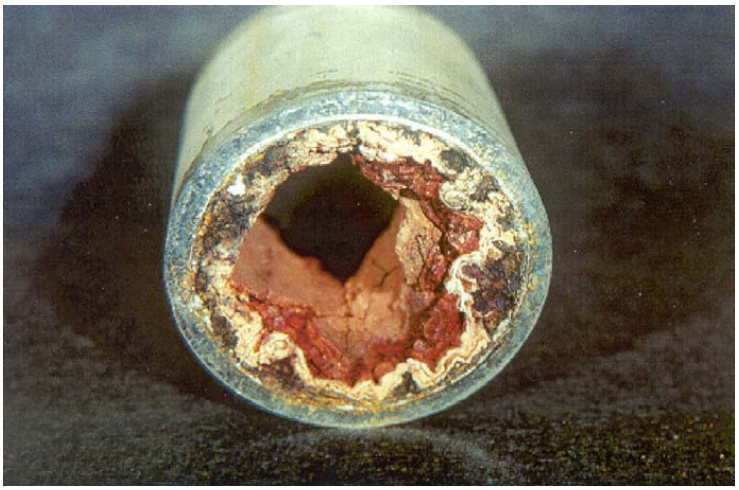


Figura 6 – Depósitos no interior do tubo

Devido às altas temperaturas da fornalha, as caldeiras navais não podem suportar mais que uns poucos milésimos da polegada de depósitos nas superfícies dos tubos sem sofrer ruptura. A figura 7 apresenta um tubo com aspectos típicos de sobreaquecimento. Estas avarias são extremamente prejudiciais ao equipamento, pois o rompimento do tubo no interior da fornalha, durante a operação, acarreta água nos pés dos tubos, região rica de fuligem que quando umedecida reage quimicamente com a água, formado acido que ataca de fora para dentro a parede dos tubos. A figura 8 apresenta o tubo rompido e a figura 9 o pé dos tubos com ataque corrosivo.

A tabela 3, abaixo, mostra o efeito dos depósitos no aumento da temperatura da parede do tubo.

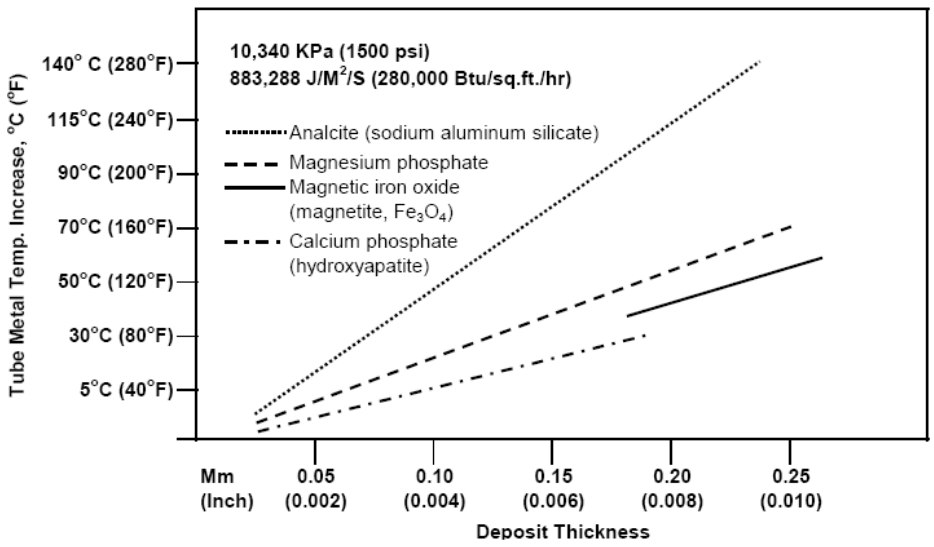


Tabela 3 – Relação dos depósitos com o aumento da temperatura da superfície do tubo



Figura 7 – Tubo com sinais de sobreaquecimento



Figura 8 – Tubo rompido no interior da fornalha.



Figura 9 – Ataque corrosivo nos pés dos tubos no interior da fornalha.

5.3 Oxigênio dissolvido (Corrosão por Pitting)

A água em contato com o ar irá conter uma quantidade de oxigênio dissolvido que é dependente da pressão e da temperatura. A tabela 4 abaixo apresenta a quantidade de oxigênio dissolvido em volume de água. Verifica-se que o oxigênio é mais facilmente dissolvido em água a baixas temperaturas. A pressão na qual a superfície liquida está submetida também influencia a solubilidade do oxigênio, que cresce com a pressão externa. Quando o oxigênio dissolvido entra na água da caldeira ele causa, inicialmente, uma corrosão localizada e o desenvolvimento de "pitting" no metal do feixe tubular. O oxigênio (O_2) dissolvido na água da caldeira irá reagir com o ferro (Fe) existente nas partes metálicas do lado da água da caldeira em pontos da superfície que funcionam como anodos. O ferro irá se dissolver e formar uma substancia chamada de hidróxido de ferro ("ferrous hydroxide") [$Fe(OH)_2$]. Uma quantidade de hidróxido de ferro é transformada em oxido de ferro hidratado ($Fe_2O_3H_2O$). A mistura do oxido de ferro com o oxido de ferro hidratado, na reação, é desidratada formando o oxido de ferro, de coloração escura, conhecida como magnetita (Fe_3O_4). O oxido de ferro preto sofre uma mudança na sua composição em uma nova reação com o oxigênio, na qual resulta em um oxido de ferro de coloração avermelhada (Fe_2O_3). A foto 10 apresenta aspectos físicos deste fenômeno.

Como o ataque do oxigênio continua por um período de tempo, o ferro existente no metal base é dissolvido e uma crosta de oxigênio ativo é formada em vários pontos da superfície metálica. O aparecimento de diversos tubérculos na superfície do metal é característico do ataque do oxigênio ativo, foto 11. O tubérculo possui uma casca dura de coloração marrom –avermelhada. Esta casca está criando a atmosfera necessária para o surgimento de "pitting" no metal da caldeira, fotos 12 e 13.

Pode ocorrer apenas um ponto de ataque isolado ou pontos de ataque espalhados por toda a superfície. Porem quando um tubérculo de oxigênio ativo se forma, a corrosão naquele ponto continua mesmo quando a causa de contaminação por oxigênio dissolvido é identificada e sanada.

O ph da água da caldeira também influencia na concentração de oxigênio dissolvido da caldeira. Quando o ph da caldeira diminui alem dos limites recomendados, a severidade do ataque por oxigênio dissolvido aumenta. Muito cuidado deve ser tomado com as caldeiras, que por motivos diversos, mantêm seu lado de água aberto para a atmosfera pois nesta situação estão sujeitas a corrosão, caso as superfícies estejam úmidas, ou ainda se a própria umidade do ar atmosférico na região for alta.

Durante o período de hibernação das caldeiras, caso se opte pela conservação úmida, é necessário adicionar produtos sequestrantes de oxigênio na água pois, nesta situação o material continua sujeito à corrosão por oxigênio.

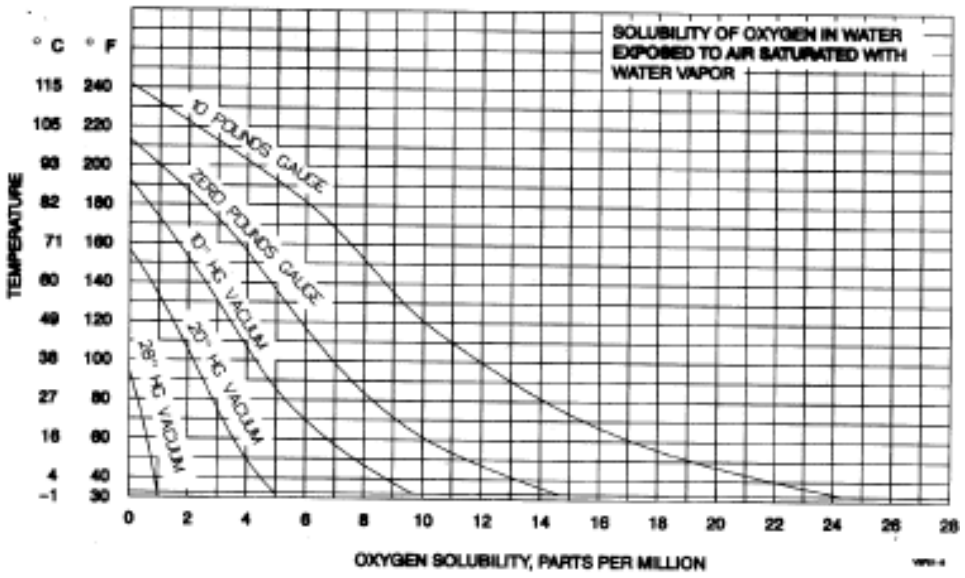


Tabela 4 – Solubilidade do oxigênio em função da pressão e da temperatura



Foto 10 – Aspecto do tubérculo



Foto 11 – Ataque de oxigênio dissolvido



Foto 12 – Ação da corrosão - Pitting



Foto 13 – Pitting e tubérculo

A presença de oxigênio nos sistemas de vapor, condensado e água de alimentação também causa corrosão generalizada em materiais como aço, ferro, cobre, níquel e, até em ligas metálicas. Como o ciclo de vapor é considerado como um sistema fechado, salvo as drenagens e o suplemento de água, os produtos da corrosão dos componentes do sistema que compõem o ciclo de vapor são conduzidos até a caldeira, onde contribuem para a formação de depósitos como lama. Esta situação pode ser mais prejudicial quando temos condensado acido.

5.4 Presença do íon cloreto (corrosão por "Pitting")

Devido a grande quantidade de cloretos presentes na água do mar, este elemento é usado preferencialmente como indicador de contaminação da água da caldeira pela água do mar. O cloreto é um íon agressivo que causa a dissolução da camada protetora de magnetita do metal da caldeira e inibe a sua formação. O cloreto também ataca a superfície metálica com a ocorrência de "pittings" devido à corrosão. O íon sulfeto tende a inibir o efeito destrutivo do cloreto, quando este apresenta pequenas quantidades na superfície dos tubos geradores de vapor.
O cloreto é danoso a instalação por causar corrosão em componentes de aço inoxidável do sistema de propulsão. O aço inoxidável sob tensões quando sujeito ao cloreto e ao oxigênio sofre uma ruptura de seus cristais. Quando há contaminação da água da caldeira pela água do mar a concentração de cloretos aumenta. Este íon pode ser conduzido pelo vapor saturado do tubulão superior para o superaquecedor da caldeira, onde se depositará nas superfícies dos tubos. Se o superaquecedor for composto de tubos de aço inoxidável, como ocorre freqüentemente, o processo corrosivo tem inicio ocasionando a falha dos tubos.

Os componentes dos sistemas da propulsão também podem ser afetados pelos íons cloreto. Caso o dessuperaquecedor apresente um vazamento, a água da caldeira contaminada de cloretos alcança vários sistemas do ciclo de vapor e de água. Uma vez estando o sistema contaminado é necessária uma limpeza para a remoção da contaminação.

5.5 Fenômenos relacionados ao arrastamento de contaminantes ("General Corrosion and Carryover").

A condutividade está relacionada com a habilidade de conduzir uma corrente elétrica e pode ser expressa em micromhos por centímetro(μmho/cm). Na água da caldeira, a condutividade está associada a sólidos dissolvidos e, geralmente, um é medida do outro, pois para uma solução conduzir corrente elétrica é necessário que íons estejam presentes. Os contaminantes e o tratamento da água de alimentação são os responsáveis pela condutividade. Teoricamente todos os materiais dissolvidos na água do mar, na água de alimentação e na água da caldeira são íons e possuem a capacidade de conduzir corrente elétrica. A exceção é a sílica, que é um metal dissolvido e não conduz eletricidade.
As variações químicas e físicas que ocorrem na superfície do metal da caldeira geram áreas anódicas e catódicas, de modo que a superfície do metal apresenta uma leve diferença de potencial elétrico. Para os elétrons migrarem do catodo para o anodo deve existir uma condutividade no meio. A água pura possui alta resistência e baixa condutividade (0,1 μmho/cm), neste caso a taxa de corrosão do metal é baixa. Quando a condutividade cresce,

a resistência ao fluxo de elétrons diminui e a corrosão aumenta. Alguns íons, como a hidroxila e o fosfato, inibem a corrosão quando controlados dentro de certos limites. Outros como os íons cloreto e hidrogênio aumentam a corrosão.A condutividade da água deve-se em grande parte, principalmente, a íons cloreto, sulfeto e compostos de bicarbonato de sódio, cálcio e magnésio. A alta condutividade da água causa arrastamento.
A água em estado de ebulição produz bolhas de vapor envoltas por água. A bolha se rompe para liberar o vapor e água retorna novamente para o vaso. Se a água é pura, as bolhas de vapor se rompem facilmente e ocorre uma completa separação da água com o vapor. Quando concentrações de sólidos dissolvidos e em suspensão ou óleo cresce na água, as bolhas de vapor tornam-se estabilizadas e mais difícil de romper. Conforme a caldeira vaporiza, a concentração de sólidos dissolvidos e sólidos em suspensão aumenta e o controle é exercido por extrações de fundo. A área do tubulão de vapor acima superfície da água da caldeira, em um dado momento, fica repleta de bolhas estabilizadas então uma quantidade de água da caldeira é carregada junto com o vapor saturado pela tubulação. Ao chegar no superaquecedor as bolhas se rompem devido à alta temperatura e a água evapora. Partículas de materiais que estavam em suspensão e dissolvido na água da caldeira são carregados na velocidade do vapor a diferentes regiões do superaquecedor, depositando-se em sua superfície, principalmente no primeiro passe. O acumulo destes depósitos geram uma serie de defeitos, como restrição à troca de calor, fluência do material do tubo "blistering" e no caso do cloreto de sódio, corrosão no aço inoxidável. Este tipo de arrastamento da água de caldeira é chamado na literatura de "foaming".

Outra forma de arrastamento é chamada de "priming". Este fenômeno é causado por nível alto de água no tubulão de vapor conjugado com o balanço do navio, ou falha dos separadores de vapor e água ou de órgãos internos. "Priming" consiste no arrastamento de volumes de água carregadas através da tubulação. Estes volumes podem inclusive alcançar as rodas de palhetas da turbina de vapor e neste caso provocar serias avarias.

6. Conclusões

A qualidade da água de alimentação da caldeira é fator determinante da confiabilidade e da manutenibilidade da instalação a vapor. A manutenção dos parâmetros recomendados quer por normas técnicas, quer por fabricantes de tratamentos químicos é fundamental para a conservação perfeita do ciclo de vapor. Negligenciar as recomendações técnicas significa avarias sucessivas da instalação com alto custo de manutenção e indisponibilidade do bem.

7. Referências

a) Steam Generating Plant Inspector Manual – S9221–D2–MMA–010;

b) Boiler Water/Feedwater Test and Treatment Manual – S9086 –GX-STM – 020/CH–220;

c) CHAUDIERES 27 EMM/MAT/EP;

d) Boiler TECHNICIAN 3 & 2 – Navedtra 12140;

e) Boiler Chapter 221– S9086–GY–STM –010;

f) Industrial Water Treatment Operation and Maintenance UFC 3-240-13FN; e

g) Shipboard Water Treatment Manual – Drew Ameroid Marine.

GENETIC ALGORITHMS AND UNCERTAINTY APPLIED TO OPTIMIZATION OF SHIP STRUCTURES

J. M. Vasconcellos, jmarcio@peno.coppe.ufrj.br
M. H. S. Campos, marina-harduim@hotmail.com
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

Abstract. *Several optimization techniques have been employed to solve naval problems. The development of the technique of Genetic Algorithms (GA) with inclusion of uncertainty in variables has also been recently applied. This article discusses the techniques of G.A. and treatment of variables with a degree of uncertainty in naval problems. A case study is developed for the project of master section of the type of supply vessels. To include uncertainty in the model's variables it has been used the software @risk, which uses a technique called "simulation" to combine all the uncertainties you identify in your modeling situation. @RISK uses simulation, sometimes called Monte Carlo simulation, to do a Risk Analysis. Simulation in this sense refers to a method whereby the distribution of possible outcomes is generated by letting a computer recalculate your worksheet over and over again, each time using different randomly selected sets of values for the probability distributions in your cell values and formulas. In effect, the computer is trying all valid combinations of the values of input variables to simulate all possible outcomes. This is just as if you ran hundreds or thousands of "what-if" analyses on your worksheet, all in one sitting. Then it was used the software RISKoptimizer, that combines simulation and optimization to allow the optimization of models that contain uncertain factors. RISKOptimizer, through the application of powerful genetic algorithm-based optimization techniques and Monte Carlo simulation, can find optimal solutions to problems which are "unsolvable" for standard linear and non-linear optimizers. Genetic algorithms (GAs) are adaptive methods which may be used to solve search and optimization problems. They are based on the genetic processes of biological organisms. A genetic algorithm allows a population of possible solutions composed of many individuals to develop, under specified rules of selection, a state that minimizes the cost function (and HAUPT HAUPT, 2004). According to Fernandes (1996), the selective mechanisms achieve the changes that determine the evolution of a population across generations. Such changes may occur due to interactions between individuals or due to environmental influences on the individual. It derives three basic mechanisms, crossing or recombination, reproduction and mutation, called genetic operators, to carry out the development of the algorithm. The application of these operators is preceded by a process of selection of individuals best adapted, which uses a function to evaluate the individuals named function fitness or, function setting. These methods were applied to the case of a master section of a ship-type supply vessel.*

Keywords: *optimization, uncertainty, naval.*

1. INTRODUCTION

Optimization problems are problems in which one seeks to minimize or maximize a real function by systematically choosing the values of real or integer variables from within an allowed set, with the existence or not of restrictions in the variables. Real problems present uncertainty in their variables: they are inherent to the majority of physical, chemical, biological, geographical systems, etc. Stochastic optimization methods are optimization algorithms which incorporate probabilistic (random) elements, either in

the problem data (the objective function, the constraints, etc.), or in the algorithm itself (through random parameter values, random choices, etc.), or in both. The concept contrasts with the deterministic optimization methods, where the values of the objective function are assumed to be exact, and the computation is completely determined by the values sampled so far.

Among the many stochastic optimization techniques existing, it will be used here the Genetic Algorithm and Monte Carlo Simulation methods.

In this article our objective is to minimize the section area of a supply vessel ship as a measure of weight.

A Platform supply vessel (often abbreviated as PSV) is a ship specially designed to supply offshore oil platforms. These ships range from 65 to 350 feet in length and accomplish a variety of tasks. The primary function for most of these vessels is transportation of goods and personnel to and from offshore oil platforms and other offshore structures.

2. METHODOLOGY

2.1. Genetic algorithms

Genetic Algorithms (GAs) are adaptive heuristic search algorithm premised on the evolutionary ideas of natural selection and genetic. The basic concept of GAs is designed to simulate processes in natural system necessary for evolution, specifically those that follow the principles first laid down by Charles Darwin of survival of the fittest. As such they represent an intelligent exploitation of a random search within a defined search space to solve a problem.

The selective mechanisms carry out the changes that determine the evolution of a population over generations. Such changes can occur due to the interactions between the individuals or due to the influences of the environment on the individual. Three basic mechanisms derive from this: crossing or crossover, reproduction and mutation. They are called genetic operators and are responsible for carrying out the evolution of the algorithm. The application of these operators is preceded by a selection process of the best adapted individuals, which uses a function called the fitness function, also known as the adaptation function.

An implementation of a genetic algorithm begins with a random population of chromosomes, that is to say, the initial population can be obtained by choosing a value for the parameters or variables of each chromosome randomly between its minimum and maximum value.

At this part follows an evaluation of each individual through the objective function. The fittest individuals (with the best adaptation values) have the greatest probability of reproducing (selection). Then genetic crossover and mutation operators work on the ones selected. The new individuals replace totally or partially the previous population, thus concluding a generation.

The selection operator allows the transmission of some individuals from the current population to the new one, with greater probability for the individuals with a better performance (fitness value), and with less probability for individuals with a worse performance.

After that the crossover operator interchanges and combines characteristics of the parents during the reproduction process, allowing the next generations to inherit these characteristics. The idea is that the new descendent individuals can be better than their parents if they inherit the best characteristics of each parent.

The next operator is the mutation operator, which is designed to introduce diversity into the chromosomes of the population of the GA, in order to ensure that the latter is not trapped in minimum areas.

In addition to these, there are other factors that influence the performance of a GA, adapted to the particularities of certain classes of problems.

2.2. Monte Carlo simulation

The present study uses the Monte Carlo simulation technique to deal with uncertainty concerning variables in optimization.

The Monte Carlo method is a simulation technique used to solve probabilistic problems in which the entry variables are attributed distributions of probabilities by means of a random process and obtaining as a result the distributions of probabilities of the exit variables. The random process used consists in generating random numbers to select the values of each entry variable for each attempt. This process is repeated numerous times, obtaining numerous results from which one builds a distribution of probability of the exit variables.

An random variable X has a normal distribution, with mean μ $(-\infty < \mu < +\infty)$ and variance $\sigma^2 > 0$, if there is a density function:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \tag{01}$$

The notation $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ indicates that the random variable X has normal distribution with mean μ, and variance σ^2.

The mean of the normal distribution is determined, making $z = (x - \mu)/\sigma$ in the following equation:

$$E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx$$

$$E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} (\mu + \sigma z) e^{\frac{-z^2}{2}} dz$$

$$= \mu \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-z^2}{2}} dz + \sigma \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} z e^{\frac{-z^2}{2}} dz$$

The normal density appears when integrating the first integral, with $\mu = 0$ and $\sigma^2 = 1$, with this value being equal to one. The second integral has a zero value.

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} z e^{\frac{-z^2}{2}} dz = -\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-z^2}{2}} \Bigg|_{-\infty}^{\infty} = 0$$

$$E(X) = \mu[1] + \sigma[0] = \mu \tag{02}$$

The variance is determined, making $z = (x - \mu)/\sigma$ in the following equation:

$$V(X) = E\left[(X-\mu)^2\right] = \int_{-\infty}^{\infty} (x-\mu)^2 \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} \sigma^2 z^2 \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-z^2}{2}} dz = \sigma^2 \int_{-\infty}^{\infty} \frac{z^2}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-z^2}{2}} dz$$

$$= \sigma^2 \left[\frac{-ze^{\frac{-z^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} \Bigg|_{-\infty}^{\infty} + \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-z^2}{2}} dz \right]$$

$$= \sigma^2 [0+1]$$

$$V(X) = \sigma^2 \tag{03}$$

Applying in the density Equation (9) an average equal to zero and variance 1, and making *Z~N (0,1)*, one has a standardized normal distribution.

$$\varphi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-z^2}{2}} \quad , \quad -\infty < z < \infty \tag{04}$$

The corresponding distributed function is given by:

$$\phi(z) = \int_{-\infty}^{z} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-u^2}{2}} du \tag{05}$$

And one can say that:

$$F(x) = \phi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right) = \phi(z)$$

Where:

$$Z = \frac{X-\mu}{\sigma}$$

For example, suppose that *X~N (100,4)* and we wish to find the probability of *X* being less than or equal to *104*; that is to say, *P(X≤104)=F(104)*. Standardizing the point of interest *x = 104*, we obtain:

$$z = \frac{x-\mu}{\sigma} = \frac{104-100}{2} = 2$$

$$F(104) = \phi(2) = 0{,}9772 \tag{06}$$

This means to say that the probability of the original normal random variable *X*, being less or equal to *104*, is equal to the probability of the standardized normal random variable being less or equal to *2*.

There are tables where we can find accumulated standardized normal probability values for various values of *z*.

3. THE SUPPLY VESSEL SHIP

The supply vessel was used because of its importance nowadays. Petrobras has ordered 200 new supply vessels to the pre-salt area.

A primary function of a platform supply vessel is to transport supplies to the oil platform and return other cargoes to shore. Cargo tanks for drilling mud, pulverized cement, diesel fuel, potable and non-potable water, and chemicals used in the drilling process comprise the bulk of the cargo spaces. Fuel, water, and chemicals are almost always required by oil platforms. Certain other chemicals must be returned to shore for proper recycling or disposal, however, crude oil product from the rig is usually not a supply vessel cargo.

Common and specialty tools are carried on the large decks of these vessels. Most carry a combination of deck cargoes and bulk cargo in tanks below deck. Many ships are constructed (or re-fitted) to accomplish a particular job. Some of these vessels are equipped with a firefighting capability and fire monitors for fighting platform fires. Some vessels are equipped with oil containment and recovery equipment to assist in the cleanup of a spill at sea. Other vessels are equipped with tools, chemicals and personnel to "work-over" existing oil wells for the purpose of increasing the wells' production.

The optimization procedure applied to this kind of ship is important in many design phases. Preliminary design, hull design and structural ship design are some examples of optimization techniques possible application.

Optimization is not a commonly used procedure among the national ship design offices. It is still under the research and academic area. Recently in a very important design conference in Trondheim- Norway (IMDC-2009) the main theme in many papers was the optimization application in different ship and offshore design areas.

We have chosen the structural design phase, in special the section modulus calculation, to highlight the optimization under uncertainty application.

The section modulus calculation is an important phase in the structural design. We assume the ship as beam and we design the section to resist the main wave loads. The section modulus is directly associated with the beam strength and the geometric material distribution.

$$SM = I / y \tag{07}$$

Where:

I – Second moment f area, m^4
y – Distance from the neutral axis, m

4. CASE STUDY

To illustrate the application of optimization under uncertainty techniques, we select a ship section modulus calculation. This normally is done in a spreadsheet. Table 1 presents the original and the optimized midship section elements values. Table 2 presents the original and optimized main results for the ship section modulus calculation.

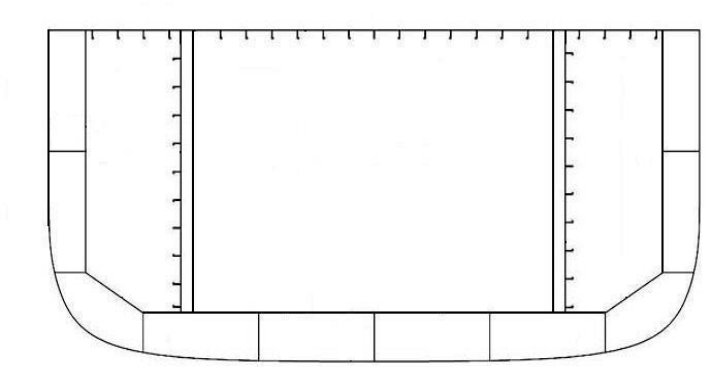


Figure 1: The Midship Section Example

Table 1: Main Elements

Element	**width**	**thickness**	**Optimized thickness**
	(mm)	**(mm)**	**(mm)**
Bottom shell plates	10470.0	16.0	10.0
Deck plates	12255.0	16.0	21.0
Inner bottom shell plates	13000.0	14.0	10.0
Longitudinal bulkhead	9357.0	14.0	11.1
Side shell Plates	10839.0	14.0	10.0
Double hull side shell plates	10600.0	14.0	10.0
Wing tank plates	3394.0	14.0	10.0
Floor 1	1730.0	12.0	10.0
Floor 2	1730.0	12.0	10.0
Floor 3	1730.0	12.0	10.0
Floor 4	1730.0	12.0	10.0
Girder 1	1300.0	16.0	10.0
Girder 2	1300.0	16.0	12.6
Girder 3	1300.0	16.0	10.0
Central Longitudinal	1730.0	16.0	10.1
Longitudinal Girder 1	1730.0	12.5	10.0
Longitudinal Girder 2	1730.0	12.5	10.0
Longitudinal Girder 3	1730.0	12.5	10.0
Longitudinal Girder 4	1730.0	12.5	19.4
	radius	**thickness**	**Optimized thickness**
Element	**(mm)**	**(mm)**	**(mm)**
Bilge keel plate	1730	18	19.0
CH. CINTADO CURVO	800	16	17.3

Table 2: Main Results

RESULTS	Half Section			Full Section	
Section Material Area	17815.708	cm^2			
Neutral line height	6.169	m	46%	from the depth	
Moment of Inertia	52.010	m^4		104.022	m^4
Section Modulus	6.71	m^3		13.419	m^3
Optimized Results	Half Section			Full Section	
Section Material Area	15606.025	cm^2			
Neutral line height	7.019	m	53%	from the depth	
Moment of Inertia	48.890	m^4		97.780	m^4
Section Modulus	7.08	m3		14.169124	m3

Following the optimization procedure we include uncertainty in some variables. The graphics shown in figures 2-6 presents the normal distribution used to model the uncertainty in the design variable.

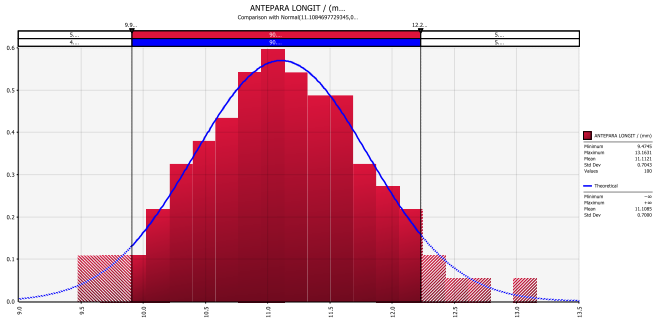


Figure 2: Uncertainty in the longitudinal bulkhead thickness

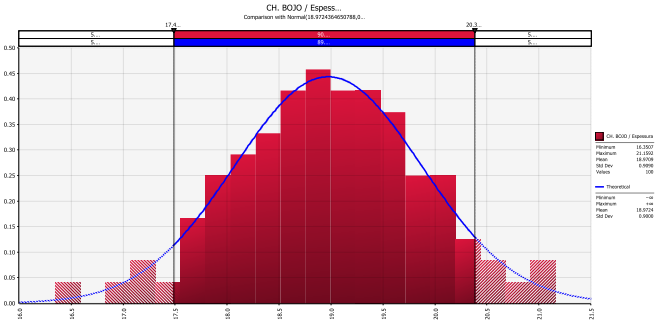


Figure 3: Uncertainty in the Bilge Keel shell thickness

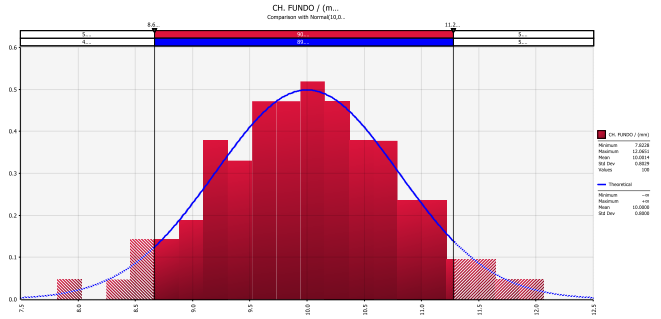


Figure 4: Uncertainty in the bottom shell thickness

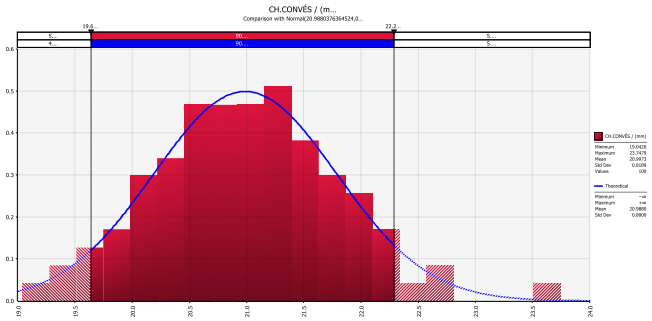


Figure 5: Uncertainty in the deck shell thickness

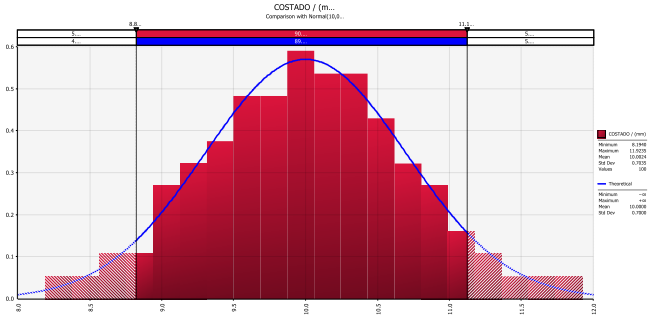


Figure 6: Uncertainty in the side shell thickness

Applying the Monte Carlo procedures in the optimization search using genetic algorithm the results are presented in figures 7-9 for the material area, neural axis height and section modulus output. Table 3 also presents the main results showing the average and standard deviation for each distribution adjusted by a normal curve.

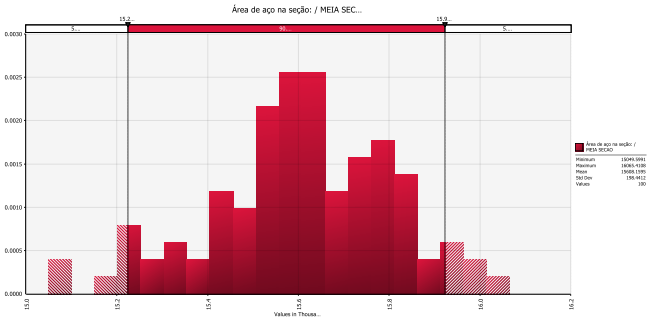


Figure 7: Distribution for Section Area (material) output

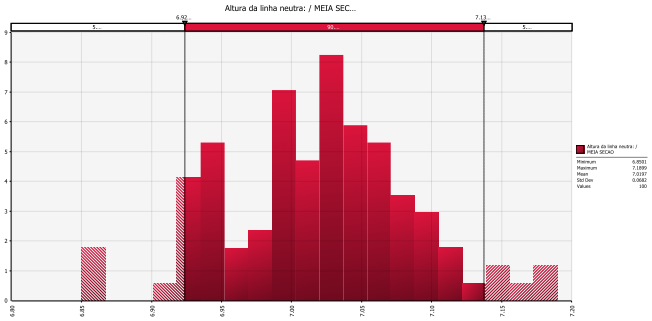


Figure 8: Distribution for Neutral axis height output

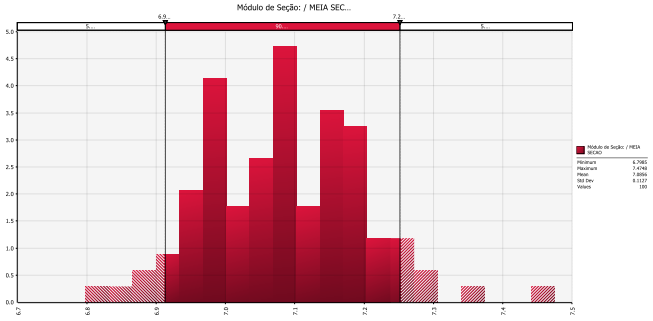


Figure 9: Distribution for Section Modulus output

Table 3: Main results considering uncertainty applied to some variables.

Optimized Results	Half Section average	Standard deviation	90% of Confidence		
Section Material Area	15606	198	15049	16065	cm^2
Neutral line height	7.019	0.068	6.850	7.190	m
Moment of Inertia	48.89	0.697	47.219	51.016	m^4
Section Modulus	7.08	0.113	6.799	7.475	m^3

5. CONCLUSION

The method present here in indicates the possibility to handle optimization problems where uncertainty should be attributing to any variable. The Monte Carlo method associated with genetic algorithms, as optimization procedures, worked well to solve the mathematical model with uncertainty.

The problem we faced was the time consumed using a common computer with duo core processor. The GA algorithm as known is sometimes slow to indicate a solution. We realize the necessity to apply the method in a faster machine and probably using a cluster with some processors.

The application for a section modulus calculation although simple, highlights the main methodology appliance. Naval Architecture designer can expect an interval of confidence for his section modulus and also evaluate the hull resistance characteristic in a risk approach.

6. REFERENCES

[1] Borror, CM. *Probabilidade e Estática na Engenharia***.** 4º Edition. LTC, 2006.

[2] Hines, WW. and Montgomery, DC. and Goldsman, DM. *Marine Technology***.** Oct. 1995.(Volume 32) (Nº4).

[3] Kobylinski, LK. and Kastner S. *Stability And Safety of Ships*. Elsevier, 2005. (Volume 9)

[4] Aror, Jabir S. *Introduction to optimum design*. McGraw-Hill Inc., 1989.

[5] Fonseca, Maurílio M. *Arte Naval*. Ministério da Marinha, 1954.

[6] Kreher, Donald L. and Stinson, Douglas R. *Combinatorial Algorithms: Generation, Enumeration and Search*. CRC Press, 1999.

ALTERNATIVAS PARA A ADAPTAÇÃO DE NAVIOS DE CASCO DUPLO ÀS NORMAS DA MARPOL

Luisa Albaine Farias da Costa
lualbaine@peno.coppe.ufrj.br

Peter Kaleff
kaleff@ufrj.br

Marta Cecilia Tapia Reyes
martatapia@ufrj.br

DENO/POLI/UFRJ

RESUMO

Após a emissão da OPA 90 (Oil Pollution Act of 1990) pelo governo norte americano, a operação de petroleiros em águas territoriais norte americanas ficou restrita a navios de casco duplo que obedecessem aos requisitos e às disposições transitórias contidos naquela regulamentação. Parte dos requisitos da OPA 90 foi adotada pela IMO (International Maritime Organization) e incorporada às normas da MARPOL (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships), na forma de aditivos. Entretanto as normas da MARPOL são menos restritivas do que as da OPA 90 permitindo o estabelecimento de um índice de poluição para avaliar a equivalência entre cascos de petroleiros. Na presente contribuição estuda-se o impacto desta forma alternativa de avaliação da viabilidade operacional de petroleiros que não estão em conformidade com a Regulamentação da MARPOL. Inicialmente são apresentadas as exigências da Regulamentação MARPOL. Em seguida é apresentado um resumo comentado do procedimento alternativo e são comentados os aspectos práticos de implementação deste procedimento. Finalmente, apresenta-se um estudo de caso para efeito de ilustração.

INTRODUÇÃO

Devido à grande quantidade de acidentes ambientais decorrentes da evasão de óleo de navios petroleiros devida a colisão ou encalhe, novas regras foram estabelecidas para navios petroleiros nos últimos anos.

Em destaque a emissão da OPA 90 [1] pelo governo norte americano, a qual restringiu a operação de petroleiros em águas territoriais norte americanas a navios de casco duplo que obedecessem aos requisitos e às disposições transitórias contidos naquela regulamentação.

Parte destes requisitos foram adotados pela International Maritime Organization (IMO) e incorporados às normas da International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL) [2], na forma de aditivos.

Também visando um nível de proteção mínimo contra a poluição por óleo, na ocorrência de uma colisão ou encalhe, a MARPOL estabelece as orientações a serem seguidas na determinação dos valores da largura do costado duplo e da altura do fundo duplo dos navios petroleiros. O objetivo é a redução da probabilidade de ocorrer uma avaria nos tanques de carga e, consequentemente, a evasão de óleo após um encalhe ou colisão. As diretrizes para a determinação destes valores variam de acordo com o porte bruto e com a data de contrato do navio e são descritas nas Regulamentações 13F e 13G do Anexo I à Marpol 73/78 [2].

Entretanto, ao contrario da OPA 90 [1], a Marpol 73/78 [2] apresenta, no Apêndice 7 do Anexo I, uma alternativa à exigência do casco duplo, conforme exigido pelas Regulamentações 13F e 13G, na forma de uma avaliação de equivalência, medida através de um índice de poluição, entre navios que não obedecem às Regulamentações 13F e 13G e navios de referência que estão de acordo com estas regras.

Na presente contribuição é estudado o impacto desta forma alternativa de avaliação da viabilidade operacional de petroleiros que não estão em conformidade com as Regulamentações 13F e 13G. Inicialmente são apresentadas as exigências da Regulamentação 13F. Em seguida é apresentado um resumo comentado do procedimento alternativo contido no Apêndice 7 do Anexo I à Marpol 73/78 [2] e são comentados os aspectos práticos de implementação deste procedimento. Finalmente, apresenta-se um estudo de caso para efeito de ilustração.

A REGULAMENTAÇÃO 13F DA MARPOL 73/78

A Regulamentação 13F se aplica a navios petroleiros que possuam porte bruto igual ou superior a 600 toneladas:

(a) Para os quais o contrato de construção foi firmado a partir 6 de julho de 1993, ou

(b) na ausência de um contrato de construção, o batimento de quilha ou um estágio semelhante de construção ocorreu a partir de 6 de janeiro de 1994, ou

(c) cuja entrega do navio ocorreu a partir de 6 de julho de 1996, ou

(d) os quais sofreram alguma conversão importante

(i) cujo contrato foi firmado a partir de 6 de julho de 1993, ou

(ii) na ausência de um contrato, cujo conversão foi iniciada após 6 de janeiro de 1994, ou

(iii) cuja conversão foi concluída após 6 de julho de 1996.

Para estes navios a Regulamentação 13F estabelece que os tanques de costado duplo devem ir do fundo do navio, ou do topo do fundo duplo até o último convés. O valor da largura do costado duplo deve atender a seguinte fórmula:

w = 0,5 + DW / 20.000 (m) ou
w = 2,0 m, o que for menor.

O valor mínimo para w é 1,0 m.

Onde

w (m) - largura do costado duplo
DW (ton) - porte bruto do navio

Em relação a altura do fundo duplo a Regulamentação 13F estabelece a seguinte fórmula:

h = B/15 (m) ou
h = 2,0 m, o que for menor.

O valor mínimo para h é 1,0m**.**

Onde

h(m) – altura do fundo duplo
B (m) – boca do navio

Quando as distâncias w e h forem diferentes, a largura w deve começar a ser considerada a partir de 1,5h acima da linha de base, conforme ilustrado na figura abaixo.

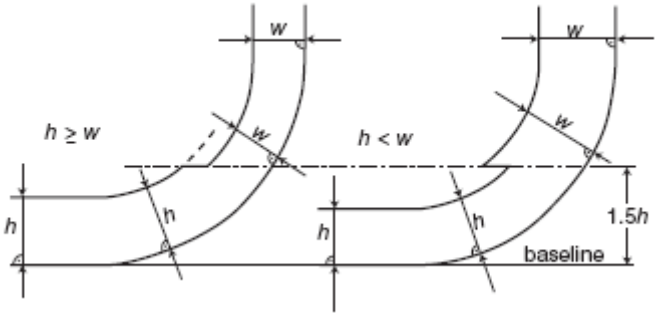


Figura 1 – Ilustração da largura do costado duplo e da altura do fundo duplo

A FORMULAÇÃO ALTERNATIVA DO APÊNDICE 7

Para os navios abrangidos pela Regulamentação 13F é proposto um método de comparação, para o caso de uma colisão ou encalhe, do desempenho da evasão de óleo de um projeto alternativo com um projeto de referência de casco duplo, que cumpra a Regulamentação 13F, tendo como base o cálculo de um índice (E) de prevenção à poluição.

Este projeto de referência deve apresentar um porte bruto semelhante ao do navio que está sendo avaliado e deve.

O índice de prevenção à poluição

O índice de prevenção à poluição (E) representa o desempenho da embarcação na prevenção à poluição por petróleo. É um adimensional, função de três parâmetros da evasão de óleo conforme explicitados mais adiante: a "probabilidade de evasão de óleo zero", a "evasão média de óleo" e a "evasão extrema de óleo

Probabilidade de evasão de óleo zero. Este parâmetro representa a probabilidade de nenhuma carga de óleo escapar do tanque em caso de colisão ou encalhe. Se, por exemplo, o parâmetro for igual a 0,6, em 60% de todos os acidentes por colisões ou encalhes não é esperado ocorrer evasão de óleo.

Parâmetro de evasão média de óleo. A evasão média de óleo representa a soma de todos os volumes de evasão multiplicados por suas respectivas probabilidades. O parâmetro de evasão média de óleo é expresso como uma fração da capacidade total de carga de óleo com 98% de preenchimento dos tanques.

Parâmetro de evasão extrema de óleo. A evasão extrema de óleo é calculada – depois que os volumes de todos os casos de evasão tenham sido dispostos em ordem crescente – como sendo a soma dos volumes de evasão com probabilidade acumulada entre 0,9 e 1,0, multiplicados por suas respectivas probabilidades. O valor, então obtido, é multiplicado por 10. O parâmetro de evasão extrema de óleo é expresso como uma fração da capacidade total de carga de óleo com 98% de preenchimento dos tanques.

O nível de proteção contra a poluição por óleo no caso de uma colisão ou encalhe, quando comparado a um projeto de referência de casco duplo, deve ser determinado através do cálculo do índice E de prevenção a poluição, da maneira que se segue:

$$E = k_1 \frac{P_O}{P_{OR}} + k_2 \frac{0.01 + O_{MR}}{0.01 + O_M} + k_3 \frac{0.025 + O_{ER}}{0.025 + O_E} \geq 1.0$$

Onde:

k_1, k_2 e k_3 são fatores de ponderação e possuem valores iguais a:

$$k_1 = 0.5$$
$$k_2 = 0.4$$
$$k_3 = 0.1$$

P_O = probabilidade de evasão de óleo zero para o projeto alternativo

O_M = Parâmetro de evasão média de óleo para o projeto alternativo

O_E = Parâmetro de evasão extrema de óleo para o projeto alternativo

P_{OR}, O_{MR} e O_{ER} são os parâmetros correspondentes para o projeto de casco duplo utilizado como referência.

Cálculo dos parâmetros de evasão de óleo

Os parâmetros de evasão de óleo P_O, O_M e O_E devem ser calculados como se segue:

Probabilidade de evasão de óleo zero, P_O:

$$P_O = \sum_{i=1}^{n} P_i \cdot K_i$$

Onde:

i = representa cada compartimento ou grupo de compartimentos em consideração, e possui valores de i = 1 até i = n

Pi = representa a probabilidade que apenas o compartimento ou grupo de compartimentos em consideração seja, violado

Ki = possui valor igual a 0 se houver evasão de óleo de qualquer um dos espaços de carga que foram rompidos e pertençam ao intervalo de valores em i (ou seja, se um dos tanques que estão definidos no intervalo i que está sendo considerado estiver com evasão de óleo). Se não houver evasão de óleo, K_i é igual a 1.

Parâmetro de evasão média de óleo, O_M:

$$O_M = \sum_{i=1}^{n} \frac{P_i \cdot O_i}{C}$$

Onde:

Oi = evasão combinada de óleo (m^3) proveniente de todos os espaços de carga rompidos, definidos em i.

C = capacidade total de carga de óleo com 98% de preenchimento do tanque (m^3)

Parâmetro de evasão extrema de óleo, O_E:

$$O_E = 10\left(\sum \frac{P_{ie} \cdot O_{ie}}{C}\right)$$

Onde o índice "ie" representa os casos de evasão extrema ou seja, aqueles contidos no intervalo de probabilidade acumulada que varia entre 0,9 e 1,0 depois que os volumes de todos os casos de evasão tenham sido dispostos em ordem crescente.

Hipóteses para o cálculo dos parâmetros de evasão de óleo

Algumas hipóteses relevantes à compreensão do método para a determinação do nível de prevenção contra a poluição estão listadas abaixo.

- Os parâmetros de evasão devem ser calculados independentemente para colisões ou encalhes, e em seguida combinados como se segue:

    0,4 do valor calculado para colisões mais
    0,6 do valor calculado para encalhes.

- Para encalhes, cálculos independentes devem ser feitos para 0m, 2m e 6m de maré. A maré, no entanto, não precisa ser assumida como superior a 50% do calado máximo do navio (calado de projeto). Os parâmetros de evasão para condições de encalhe devem corresponder a uma média ponderada, calculada como se segue:

    0,4 para 0m da condição de maré
    0,5 para menos 2m da condição de maré
    0,1 para menos 6m da condição de maré

- Os casos de avaria e o fator de probabilidade Pi associado a cada caso de avaria devem ser determinados com base na função de distribuição da densidade de danos. A probabilidade para cada caso é dada pela área abaixo da curva de cada função.

- O navio deve ser assumido como carregado até a máxima linha de carga determinada, com trim e banda iguais a zero e com a carga tendo uma densidade que permita 98% de preenchimento de todos os tanques de carga.

- Para todos os casos de avaria por colisão, o conteúdo inteiro de todos os tanques de carga de óleo avariados deverá ser assumido como sendo derramado no mar, salvo prova em contrário.

- Para o cálculo da evasão de óleo em caso de encalhe, devem ser aplicados os princípios do equilíbrio hidrostático; a localização da avaria ser usada nos cálculos do equilibrio da pressão hidrostática, associada aos cálculos da evasão de óleo, deve ser o ponto mais baixo do tanque de carga.

- Para os tanques de carga delimitados pelo chapeamento do fundo, salvo prova em contrário, uma evasão de óleo igual a 1% do volume do tanque avariado deve ser assumida para levar em conta as perdas iniciais decorrentes de efeitos dinâmicos devidos a correntes e ondas.

- Para espaços avariados que não sejam de carga, localizados completamente ou parcialmente abaixo dos tanques de carga de óleo violados, o volume alagado desses espaços no equilíbrio deve ser assumido como contendo 50% de óleo e 50% de água do mar, salvo prova em contrário.

Hipóteses de danos

Deste tópico consta a explicação de como serão considerados os casos de avaria para o cálculo da evasão de óleo.

Definições gerais

- As hipóteses de avaria para a análise probabilística do fluxo de óleo são dadas em termos da função de distribuição da densidade de danos. Estas funções são dimensionadas para que o total de probabilidade para cada parâmetro de avaria seja igual a 100%, isto é, a área abaixo de cada curva seja igual a 1.0.

- A localização de uma avaria se refere sempre ao centro do dano.

- Os limites da localização e extensão de um dano em um compartimento devem ser assumidos possuindo forma retangular, seguindo a superfície do casco.

As seguintes definições devem ser respeitadas.

x = distância à perpendicular de ré, adimensionalizada em relação ao comprimento entre perpendiculares do navio

y = extensão longitudinal do dano, adimensionalizada em relação ao comprimento entre perpendiculares do navio

z_t = extensão transversal da penetração, adimensionalizada em relação à boca do navio

z_v = extensão vertical da penetração, adimensionalizada em relação ao pontal do navio

z_l = distância adimensional, vertical entre a linha de base e o centro da extensão vertical z_v em relação a distância entre a linha de base e o convés (normalmente o pontal do navio)

b = extensão transversal do dano no fundo, adimensionalizada em relação à boca do navio

b_l = localização transversal do dano no fundo, adimensionalizada em relação à boca do navio

Danos laterais devidos a colisão

Os casos de avaria para o costado são dados pela composição dos cinco parametros que se seguem: localização longitudinal, extensão longitudinal, penetração transversal, extensão vertical e localização vertical.

A probabilidade de ocorrência de cada caso de avaria, dado pela combinação destes parâmetros, é determinada pelo produto das probabilidades de ocorrência de cada parâmetro separadamente. A probabilidade de ocorrência correspondente a um intervalo variável de cada parâmetro é dada pela área abaixo da curva de densidade de probabilidade correspondente

- Função para a localização longitudinal:

$$f_{s1} = 1.0 \qquad \text{for } 0 \leqslant x \leqslant 1.0;$$

A expressão $x \leq 1.0$, mostra que a localização longitudinal de uma avaria no costado pode ocorrer em 100% de LPP, ou seja, ao longo de todo o comprimento do casco.

- Função para a extensão longitudinal:

$$
\begin{aligned}
f_{s2} &= 11.95 - 84.5y && \text{for } y \leqslant 0.1 \\
f_{s2} &= 6.65 - 31.5y && \text{for } 0.1 < y \leqslant 0.2 \\
f_{s2} &= 0.35 && \text{for } 0.2 < y \leqslant 0.3;
\end{aligned}
$$

A expressão $y \leq 0,3$, mostra que a extensão longitudinal máxima, de uma avaria no costado, é de 30% da LPP.

- Função para a penetração transversal:

$$
\begin{aligned}
f_{s3} &= 24.96 - 399.2z_t && \text{for } z_t \leqslant 0.05 \\
f_{s3} &= 9.44 - 88.8z_t && \text{for } 0.05 < z_t \leqslant 0.1 \\
f_{s3} &= 0.56 && \text{for } 0.1 < z_t \leqslant 0.3;
\end{aligned}
$$

A expressão $z_t \leq 0,3$, mostra que a penetração transversal máxima, de uma avaria no costado, é de 30% da Boca do navio.

- Função para a extensão vertical:

$$
\begin{aligned}
f_{s4} &= 3.83 - 11.1z_v && \text{for } z_v \leqslant 0.3 \\
f_{s4} &= 0.5 && \text{for } z_v > 0.3;
\end{aligned}
$$

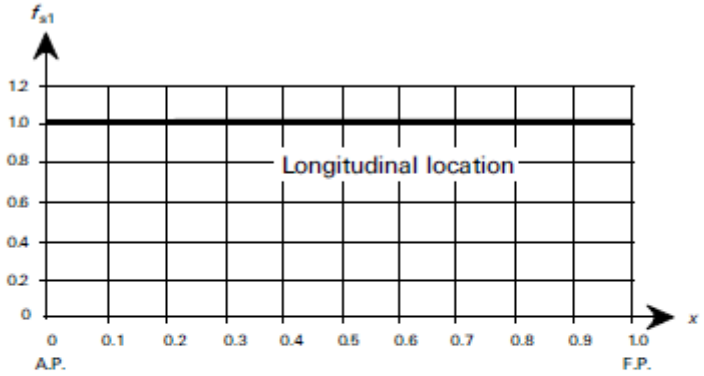
A expressão $zv > 0,3$, mostra que a extensão vertical máxima, de uma avaria no costado, pode ser igual a 100% do Pontal do navio.

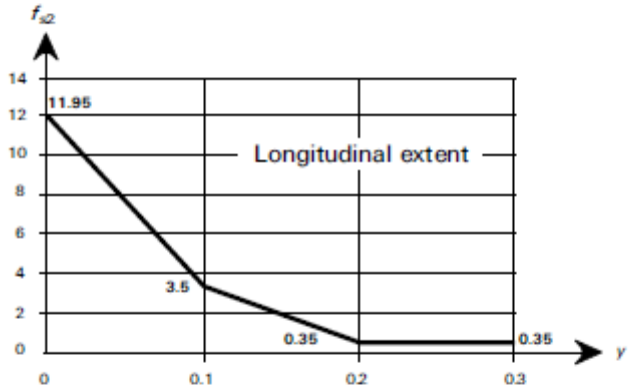
- Função para localização vertical:

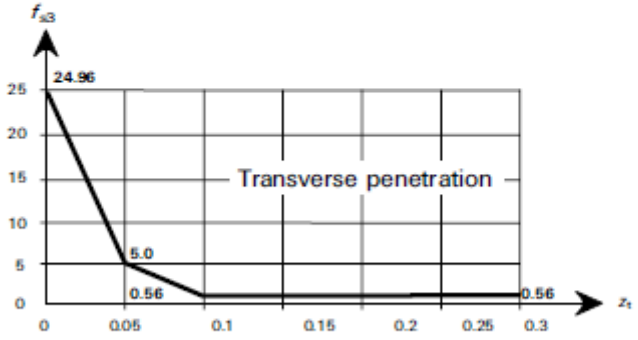
$$
\begin{aligned}
f_{s5} &= z_l && \text{for } z_l \leqslant 0.25 \\
f_{s5} &= 5z_l - 1.0 && \text{for } 0.25 < z_l \leqslant 0.50 \\
f_{s5} &= 1.50 && \text{for } 0.50 < z_l \leqslant 1.00.
\end{aligned}
$$

A expressão $zl \leq 1{,}00$, mostra que a localização vertical máxima dada pela distância entre a linha de base e o centro da extensão vertical, de uma avaria no costado , pode ser igual a 100% do Pontal do navio.

Abaixo seguem as ilustrações gráficas das funções f_{s1}, f_{s2}, f_{s3}, f_{s4} e f_{s5} .


f_{x1}
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
Longitudinal location
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1.0
A.P.
F.P.
x


f_{x2}
14
12
10
8
6
4
2
0
11.95
Longitudinal extent
3.5
0.35
0.35
0
0.1
0.2
0.3
y


f_{x3}
25
20
15
10
5
0
24.96
Transverse penetration
5.0
0.56
0.56
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
z_t

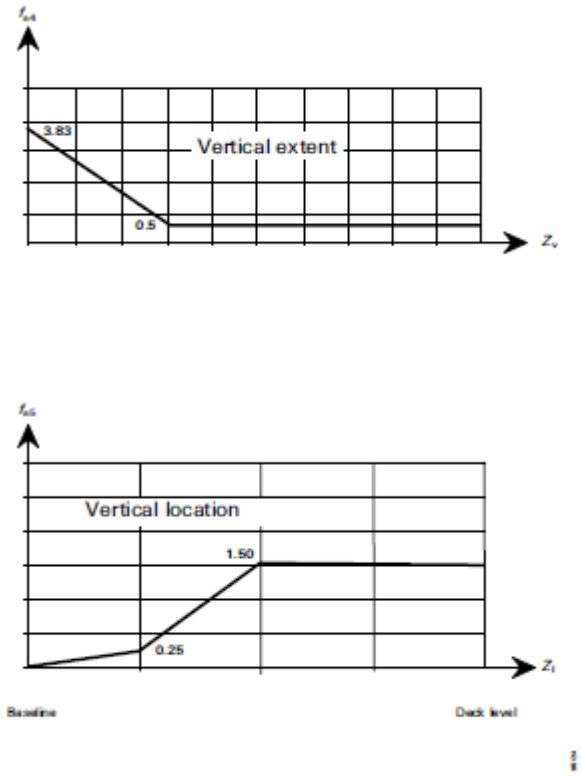


Figura 2 – Danos laterais devido à colisão: funções de distribuição de densidade f_{s1}, f_{s2}, f_{s3}, f_{s4} e f_{s5}

Danos no fundo devido a encalhe

Conforme explicado para o costado, os casos de avaria para o fundo também são dados pela composição de cinco parâmetros conforme se segue: localização longitudinal, extensão longitudinal, penetração vertical, extensão transversal e localização transversal.

Conforme explicado para o costado, a probabilidade de ocorrência de cada caso de avaria, dado pela combinação destas funções, é dada pelo produto das probabilidades de ocorrência de cada parâmetro avaliado separadamente. A probabilidade de ocorrência do intervalo de cada parâmetro sendo fornecida pela área abaixo da curva correspondente.

- Função para a localização longitudinal:

$$f_{b1} = 0.2 + 0.8x \qquad \text{for } x \leqslant 0.5$$
$$f_{b1} = 4x - 1.4 \qquad \text{for } 0.5 < x \leqslant 1.0;$$

A expressão x ≤ 1.0, mostra que a localização longitudinal, de uma avaria no fundo, pode ocorrer em 100% de LPP, ou seja, ao longo de todo o comprimento do casco.

- Função para a extensão longitudinal:

$$f_{b2} = 4.5 - 13.33y \qquad \text{for } y \leqslant 0.3$$
$$f_{b2} = 0.5 \qquad \text{for } 0.3 < y \leqslant 0.8;$$

A expressão y ≤ 0,8, mostra que a extensão longitudinal máxima, de uma avaria no fundo, é de 80% da LPP.

- Função para a penetração vertical:

$$f_{b3} = 14.5 - 134z_v \qquad \text{for } z_v \leqslant 0.1$$
$$f_{b3} = 1.1 \qquad \text{for } 0.1 < z_v \leqslant 0.3;$$

A expressão zv < 0,3, mostra que a penetração vertical máxima, de uma avaria no fundo, é de 30% do Pontal do navio.

- Função para a extensão transversal:

$$f_{b4} = 4.0 - 12b \qquad \text{for } b \leqslant 0.3$$
$$f_{b4} = 0.4 \qquad \text{for } 0.3 < b \leqslant 0.9$$
$$f_{b4} = 12b - 10.4 \qquad \text{for } b > 0.9;$$

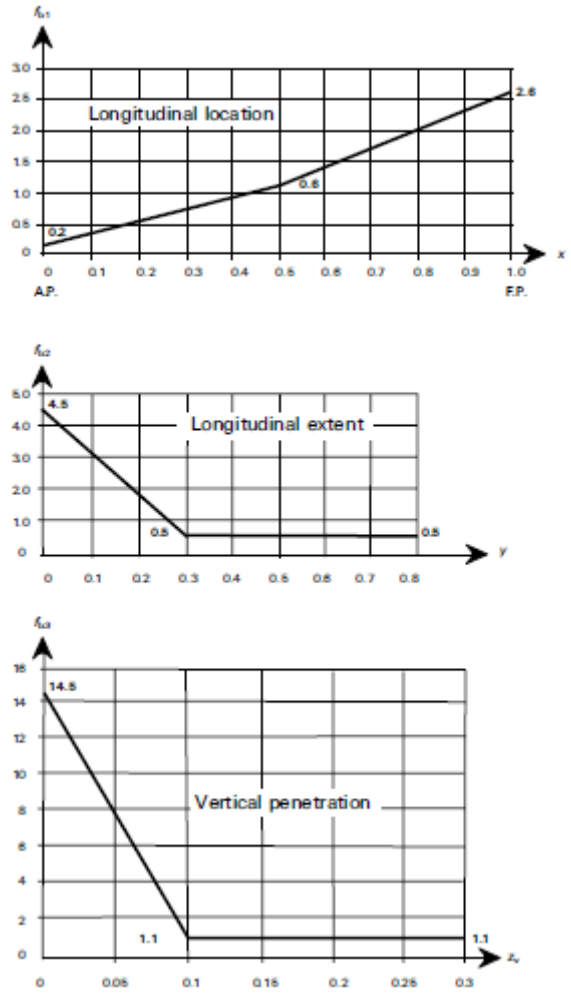
A expressão b > 0,9, mostra que a extensão transversal máxima, de uma avaria no fundo, pode ser igual a 100% da Boca do navio.

- Função para a localização transversal:

$$f_{b5} = 1.0 \qquad \text{for } 0 \leqslant b_l \leqslant 1.0.$$

A expressão $bl \leq 1.0$, mostra que a localização transversal, de uma avaria no fundo, pode ocorrer em 100% da extensão da boca do navio.

Abaixo seguem as ilustrações gráficas das funções f_{b1}, f_{b2}, f_{b3}, f_{b4} e f_{b5} .



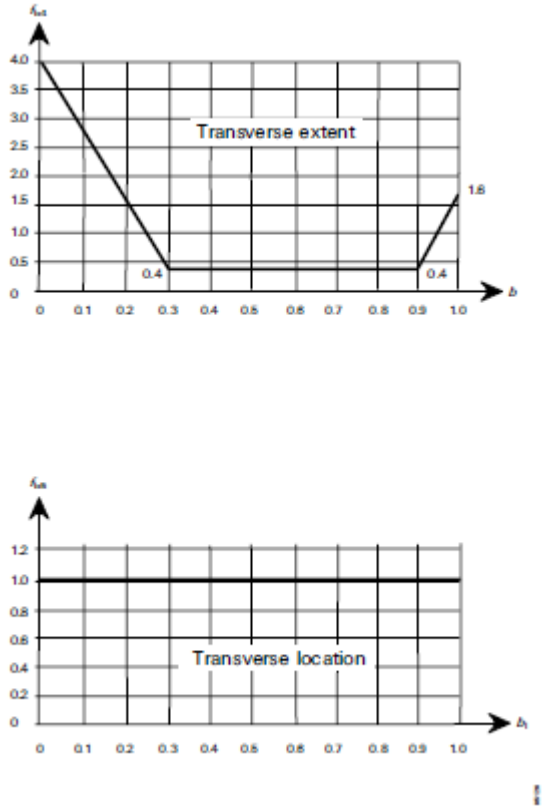


Figura 3 – Danos no fundo devidos a encalhe: funções de distribuição de densidade f_{b1}, f_{b2}, f_{b3}, f_{b4} e f_{b5}

Metodologia probabilística para o cálculo da evasão de óleo

Utilizando as funções de distribuição de probabilidade dos danos, todos os *n* casos de avaria devem ser avaliados e dispostos em ordem crescente de intensidade de evasão de óleo. A probabilidade acumulada para todos os casos de avaria deve ser calculada, como sendo a soma consecutiva das probabilidades começando no caso de dano com evasão mínima e prosseguindo até o caso de dano com evasão máxima. A probabilidade acumulada para todos os casos de avaria deve ser 1,0.

Para cada caso de avaria as conseqüências dos danos em termos de penetração dos limites do tanque de carga devem ser avaliadas e a evasão de óleo associada deve ser calculada. Um tanque de carga deve ser considerado como violado em um caso de avaria considerado se o contorno do dano atingir qualquer porção dos painéis delimitadores do tanque de carga.

Ao determinar os casos de avaria, deve ser assumido que a localização, a extensão e a penetração dos danos são independentes.

IMPLEMENTAÇÃO DO PROCEDIMENTO

Para implementar o método alternativo de avaliação de conformidade fornecido no Apêndice 7 do Anexo I à Marpol 73/78, apresentado anteriormente, optou-se por desenvolver um programa em linguagem PASCAL. A decisão de se adotar uma linguagem de programação se deve ao fato de que a implementação em planilha eletrônica, embora desejável, se mostrou demasiadamente complexa além de, também, demandar a utilização de macro instruções ou sub-rotinas para sua implementação. No que se segue são apresentadas as principais decisões de programação adotadas na implementação do procedimento

Com base no exemplo fornecido na Regra da Marpol 73/78, uma simplificação foi adotada para as funções de avaria no costado e no fundo. Assumiu-se que para as avarias no costado cada dano é assumido a se estender verticalmente sem limite. Logo, a probabilidade da localização vertical e da extensão vertical são consideradas iguais a 1,0 para cada caso de avaria. Esta é uma hipótese razoável quando a altura do fundo duplo é apenas 10% do pontal. Tomando-se a área abaixo da curva da função de distribuição de densidade para a localização vertical, até 0,1D (olhar figura 2, função fs5) o valor do produto é de 0,005. Isto significa que a probabilidade do centro da localização do dano cair dentro da região do fundo duplo é de 1/200. Já para as avarias no fundo todos os danos são assumidos como se estendendo transversalmente sem limites. Logo, a probabilidade da extensão transversal e da localização transversal são consideradas iguais a 1,0 para cada caso de avaria.

Conforme mostrado anteriormente, a quantidade total de ocorrências de avaria, para o caso de colisão ou encalhe é dada pelo produto da quantidade de intervalos em que cada função é dividida. Porém, para que se garanta um nível mínimo de refinamento para os casos de avaria, é necessário se adotar o seguinte critério para a escolha da quantidade de subdivisões: para cada função, o valor mínimo e máximo de cada incremento (razão entre o valor máximo do intervalo da função e a quantidade de subdivisões) deve estar dentro de cada intervalo da função, ou seja, não é possível utilizar um número de subdivisões tal que o valor mínimo

delimitador de um incremento esteja dentro de um dos intervalos da função e o valor máximo dentro de outro.

Dado que um ou mais tanques podem vier a ser avariados para cada combinação de parâmetros de avaria, o programa sempre testa todos os tanques para definir quais deles são avariados em cada caso. Dessa forma é possível criar uma matriz que armazena os diversos grupos de tanques avariados. Para cada novo caso de avaria e o respectivo grupo de tanques avariados correspondente, o programa compara este grupo aqueles já armazenados na matriz. Isso é feito pois diferentes combinações de avaria podem atingir ao mesmo grupo de tanques.

O programa também gera uma matriz responsável por armazenar as probabilidades de cada grupo de tanques ser atingido, ou seja, ela armazena a probabilidade de ocorrência da avaria que leva ao dano neste grupo de tanques. Assim sendo, se, para um determinado caso de avaria, o programa encontra o grupo em questão já armazenado, ele soma a probabilidade deste grupo à probabilidade já armazenada na matriz. Dessa forma a probabilidade total de um grupo ser avariado acabará correspondendo à soma das probabilidades de ocorrência de todos os casos de avaria que levem aos danos deste grupo de tanques. Este raciocínio é aplicado aos danos de fundo e de costado. Conhecendo-se os grupos de tanques avariados é possível calcular a evasão de óleo de cada grupo (a partir dos dados de capacidade dos tanques fornecidos pelo usuário), colocá-las em ordem crescente conforme exigido pela Regra, calcular as probabilidades acumuladas e, em seguida, os parâmetros para o cálculo de evasão de óleo.

ESTUDO DE CASO

Os resultados esperados consistem no desenvolvimento completo de um programa computacional, em Pascal, baseado na Regra da Marpol 73/78, a partir do qual o projetista poderá saber se o navio existente ou projetado, que se encaixa nas condições exigidas pela Regulamentação 13F, possui ou não condição de continuar em operação, ou seja, se atende ou não ao nível exigido para a prevenção de evasão de óleo.

O programa permitirá analisar quais navios atendem ao nível mínimo de proteção contra a poluição exigido pela Regra da Marpol 73/78.

Esta ferramenta permitirá aos projetistas inserir no projeto as Normas da Marpol 73/78 e, para permitir aos armadores que já possuem navios com fundo duplo existente, mas sem a altura mínima exigida, saber se estes navios estão cumprindo as exigências da MARPOL.

CONCLUSÃO

O projeto ainda está em desenvolvimento, porém mostra que com base em um cálculo do nível de proteção a poluição por óleo, proposto pela Regra da Marpol 73/78, contribui aos interesses da indústria do petróleo, visto que o programa aqui proposto consegue avaliar se os navios em operação cumprem ou não as novas Regras que visam uma maior proteção ambiental.

Dessa forma, os armadores e projetistas poderão testar se seus navios podem continuar em operação. Em caso destes atenderem aos níveis exigidos de prevenção a poluição, mesmo sem possuir os valores requeridos por Regra para a altura do fundo duplo e para o costado duplo, é possível se evitar prováveis prejuízos com a troca dos mesmos.

REFERÊNCIAS

[1] Oil Pollution Act of 1990, Lei sancionada em 1990 pelo Governo dos Estados Unidos da America, http://epw.senate.gov/opa90.pdf

[2] MARPOL 73/78 – Consolidated Edition, 2002, International Maritime Organization, London, 2002

ANÁLISE DA OPERAÇÃO DE NAVIOS PORTA CONTÊINERES EM VELOCIDADE REDUZIDA

Jorge Alberto Nuñez Gainza
e-mail: coqui124@hotmail.com
Hernani L.Brinati
e-mail: hlbrinat@usp.br

RESUMO

Nos últimos 5 anos, o preço do óleo combustível incrementou-se a níveis sem precedentes. A queda que ocorreu em 2009 pode ser conjuntural e não se pode esperar que os preços permaneçam no patamar atual. Há duas questões que devem ser consideradas no emprego dos motores diesel: a redução do consumo de combustível, que afeta o custo operacional do navio, e a redução das emissões de gases de escape em geral e em particular a emissão de CO2.

Apresenta-se neste trabalho um procedimento para analisar o desempenho de uma instalação propulsora Diesel em condições diferentes das de projeto, que permite determinar a rotação e potência requeridas pelo hélice em diferentes velocidades e, em conseqüência, o consumo total de combustível. Este procedimento possibilita também determinar a demanda de rotação e potência da instalação propulsora para carregamento parcial do navio, que é muito comum no caso de navios porta contêineres. O trabalho apresenta como ilustração a aplicação do procedimento a um navio tipo pequeno alimentador, que atua na costa do Peru.

1. INTRODUÇÃO

Um dos setores do transporte marítimo que tem exibido as maiores mudanças nos últimos anos é de navios porta contêineres. Ocorreu, de fato, um aumento muito grande da carga conteinerizada, e espera-se que ela continue crescendo a uma taxa pelo menos igual à do comércio e da economia mundial. Outros aspectos relevantes são o aumento do porte dos navios e de suas velocidades, o que leva a um aumento na potência requerida.

Para as atividades de transporte marítimo as despesas com combustível representam uma parcela considerável do custo operacional. Nos últimos 5 anos, o preço do óleo bunker teve

um aumento significativo com forte reflexo nesse item das despesas. Uma questão que, então, se coloca é a viabilidade de alterações nos motores Diesel para redução do consumo específico de combustível. Sabe-se, porém, que as indústrias atingiram provavelmente o patamar máximo de eficiência de seus motores, tanto em plena carga como em cargas parciais. Além do mais, outra questão muito relevante é a de redução das emissões de gases de descarga em geral e, em particular, da emissão de CO2 e de enxofre, este último característico dos motores que operam com óleo pesado. E as alterações no projeto dos motores para atender esta exigência devem conduzir a um pequeno aumento do consumo específico de combustível dos motores atuais.

Uma forma de reduzir o consumo total de combustível, bem como das emissões de CO2, consiste na redução das velocidades dos navios. A redução da velocidade do navio reduz substancialmente a potência requerida. Desta forma, o motor principal que foi selecionado com potência suficiente para que o navio opere com uma dada velocidade de serviço, vai operar em carga parcial correspondente a nova demanda de potência associada a uma velocidade mais baixa. Esta é a proposta que tem sido colocada no mercado de navios porta contêineres com o objetivo de redução das despesas de combustível.

Com a redução de velocidade, haveria um aumento do período de viagem – número inteiro de semanas – que exigiria que a empresa alocasse mais navios para aquela rota, de modo a atender a demanda de carga. Várias companhias marítimas têm respondido, assim, aos altos preços do combustível com uma variedade de medidas de redução de custos que têm incluído a diminuição da velocidade e a adição de novos navios nas rotas de serviço para uma maior eficácia da programação.

2. A EVOLUÇÃO NO PREÇO DO COMBUSTÍVEL

Para as atividades de transporte marítimo o combustível bunker é um gasto considerável. A elevação no preço do bunker no transporte de contêineres afeta negativamente os ganhos neste tipo de movimentação de mercadorias.

Uma forma de reduzir o consumo de combustível, bem como das emissões de CO2 pode ser obtida com a redução das velocidades dos navios. A Figura 1 mostra a relação entre a potência e a velocidade de um navio porta-contêiner Post-Panamax.

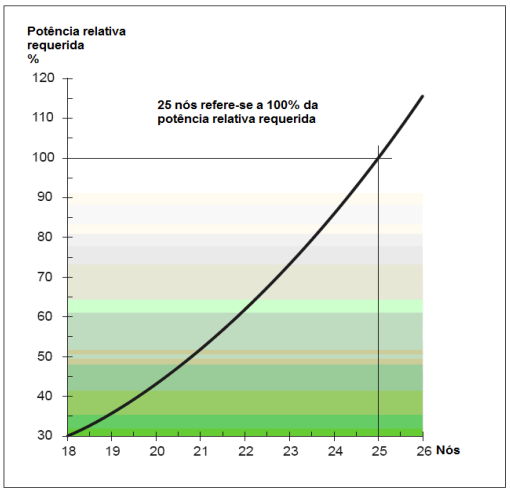


Figura 1 - Relação entre velocidade e potência (MAN B&W, 200-)

A redução da velocidade do navio diminui substancialmente a potência requerida do navio, como mostrado na Figura 1. Reduzir a velocidade do navio, por exemplo, em 4 nós, implica em uma redução da potência requerida em quase 50%. Isto significa que se o motor principal foi escolhido com potência suficiente para atingir altas velocidades, ele também deve ser capaz de operar com baixa potência por longos períodos. Esta é a situação na qual os navios em serviço estão expostos e tem que cumprir. Normalmente uma viagem completa demora 8 semanas mas, com a diminuição da velocidade, demora 9 semanas.

Para os novos navios, os projetistas devem decidir se o navio deve operar com altas velocidades, como foi o caso durante vários anos, ou se deverão escolher um projeto alternativo para um navio com velocidade inferior (ou seja, escolhendo um motor principal de menor potência), ou como uma terceira opção, deve-se manter a potência máxima do motor de acordo com as especificações, mas o motor deve ser entregue otimizado para baixas potências. Até agora, os armadores têm optado por manter a flexibilidade no serviço mantendo o projeto prevalecente de alta velocidade.

Os preços do bunker oscilam constantemente devido às forças do mercado e do preço do petróleo cru. Além disso, os preços do combustível variam de um porto para outro, o que torna relevante a decisão sobre em que porto o navio deve ser reabastecido. A Figura 2 ilustra um gráfico do aumento do preço do barril de petróleo ao longo dos anos.

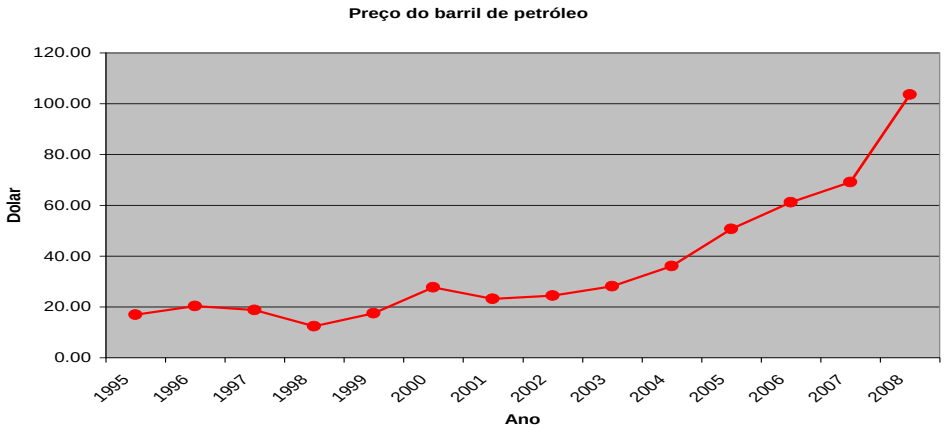


Figura 2 - Evolução dom preço do petróleo. (Notteboom, T; Vernimmen, B)

3. PROCEDIMENTO DE ANÁLISE

Os navios porta contêineres muitas vezes trabalham em condições diferentes das de projeto, ou pela variação de deslocamento ou da velocidade. A operação com calado parcial, com exceção para os mega carriers, é comum entre navios da frota, pois em certos trechos da rota o navio transporta um número menor de contêineres. A alteração de velocidade pode ocorrer ou para atender a programação de viagem ou para reduzir os gastos de combustível. É conveniente determinar quais serão as condições de operação da instalação propulsora para diferentes situações, sendo necessário dispor de um procedimento para esta finalidade.

O procedimento descrito a seguir baseia-se na interação entre casco, hélice e motor, empregando curvas características dimensionais para cada um destes elementos. Assim, de forma diversa da utilizada no projeto da instalação propulsora, quando se faz uso de curvas adimensionais do hélice extraídas dos diagramas de séries sistemáticas e adimensionaliza-se a curva de resistência do casco, nesse caso efetua-se a dimensionalização das curvas do hélice.

Com a instalação propulsora já definida, em particular, um hélice com um dado número de pás, razão de área expandida e relação passo diâmetro, dispõe-se das curvas (ou dos polinômios) que representam as constantes de empuxo, K_T e de torque K_Q do hélice em função do coeficiente de avanço, J:

$$K_T = T / \rho N^2 D^4 ; \qquad K_Q = Q / \rho N^2 D^5; \qquad J = V_A / ND$$

onde T é o empuxo gerado pelo hélice; Q é o torque do hélice; ρ é a densidade da água; V_A é a velocidade de avanço do hélice no meio fluido; D é o diâmetro do hélice; N é a rotação do hélice.

A partir da curva (ou do polinômio) da constante de empuxo, podem-se determinar as curvas, parametrizadas na rotação, de empuxo do hélice em função da velocidade de avanço, $T = f'(V_A)_{N=cte}$ como mostrada na Figura 3.

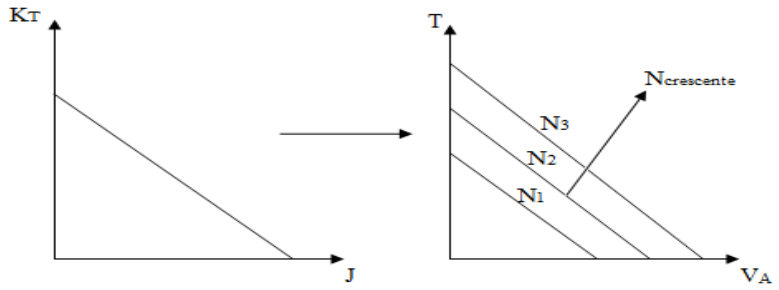


Figura 3 – Obtenção de curvas de empuxo do hélice

Para ilustrar o processo é mostrada, a seguir, a determinação de uma curva $T = f'(V_A)_{N=cte}$.

Considere-se a função $K_T = f(J)$; pode-se escrever:

$$\frac{T}{\rho N^2 D^4} = f\left(\frac{Va}{ND}\right) \qquad (1) \qquad \text{ou} \qquad T = \rho N^2 D^4 f\left(\frac{Va}{ND}\right) \qquad (2)$$

Os valores de ρ, N e D são constantes; portanto obtêm-se:

$$T = f'(Va)_{N=cte} \qquad (3)$$

Repetindo-se o processo para diferentes valores de rotação do hélice, podem-se transportar para o novo gráfico todas as informações contidas no diagrama $K_T = f(J)$. Assim, a função $T = f'(V_A)_{N=cte}$ tem o mesmo aspecto da função $K_T = f(J)$; por exemplo, se uma função é linear a outra também será.

A Figura 4 mostra a modificação que é efetuada na curva $K_Q(J)$ do hélice, para efeito de integração com o motor. O método de conversão de um gráfico para outro é análogo ao

descrito anteriormente para o empuxo. Fixada a rotação N_1, um ponto no gráfico K_Q vs J corresponde a uma certa velocidade V_A e um certo torque Q. Porém, é mais interessante introduzir uma função que represente não o torque, mas a potência absorvida pelo propulsor. Multiplicando-se o torque por 2π vezes a rotação N, obtém-se a potência absorvida ou entregue ao hélice.

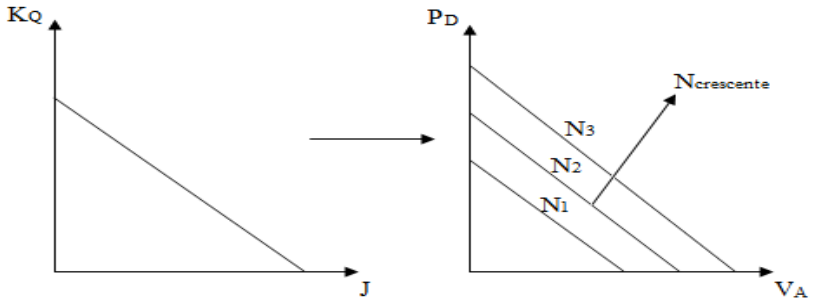


Figura 4 – Modificação da curva característica do coeficiente de torque do hélice

De igual forma como foi feito com a curva de empuxo, pode-se mostrar que a função $K_Q = g'(V_A)_{N=cte}$ tem o mesmo aspecto da função $K_Q = g(J)$.

Considere-se a função $K_Q(J)$: pode-se escrever:

$$\frac{Q}{\rho N^2 D^5} = g\left(\frac{Va}{ND}\right) \quad \text{ou} \quad Q = \left(\rho N^2 D^5\right) g\left(\frac{Va}{ND}\right) \qquad (4)$$

$$P_D = \left(2\pi\rho N^3 D^5\right) g\left(\frac{Va}{ND}\right) \qquad (5)$$

Como ρ, N e D são constantes, obtém-se:

$$P_D = g'(Va)_{N=cte} \qquad (6)$$

Uma vez representadas as características do hélice em termos dimensionais, pode-se efetuar a integração casco hélice para condições de regime permanente. Isto está mostrado na Figura 5 onde, em um gráfico de força versus velocidade, estão representadas as curvas de empuxo líquido do hélice, Tl, (Tl = T(1-t)) e resistência do casco.

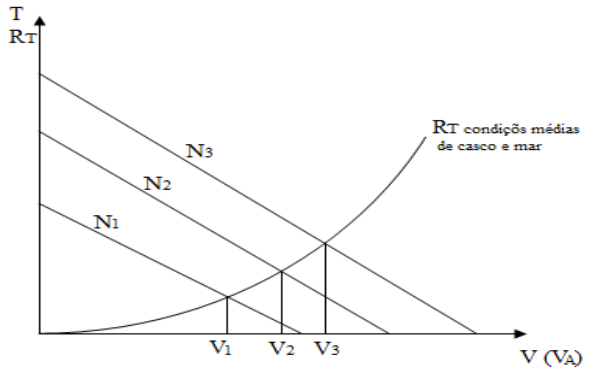


Figura 5 – Integração casco-hélice

A Figura 5 mostra que só existe uma rotação do hélice que assegura que o navio se desloque a uma determinada velocidade. É evidente que para obter esta velocidade desejada só é possível se o motor fornecer a potência requerida pelo hélice para operar nesse ponto. Precisa-se, portanto, exprimir em termos de potência este primeiro resultado da integração casco – hélice. Com este objetivo são transportadas para o gráfico P_D vs V_A, mostrado na Figura 6, as informações obtidas nessa integração. Neste caso efetua-se uma alteração de escala, colocando a potência requerida em função da velocidade do navio.

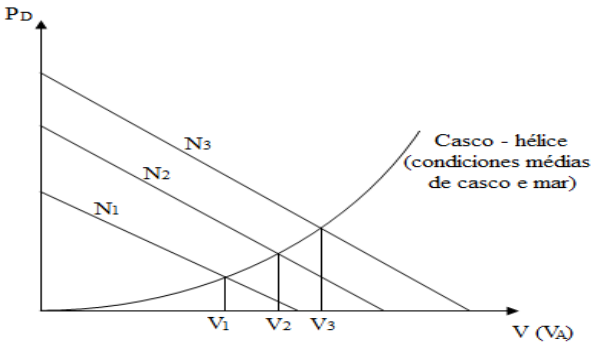


Figura 6 – Curva de potência requerida para o conjunto casco-hélice

Para fazer a integração do conjunto casco - hélice com motor é incluída na Figura 7 a região de operação do motor. Foi adotada uma simplificação do diagrama de carga (load diagram) especificado pelos fabricantes, fixando-se curvas de rotação e pressão média efetiva no freio mínimas e máximas. Para se colocar no mesmo gráfico as características de potência do hélice e do motor é preciso dividir a potência requerida pela eficiência de transmissão (e_t), ou seja, a potência é expressa em termos de P_B requerida.

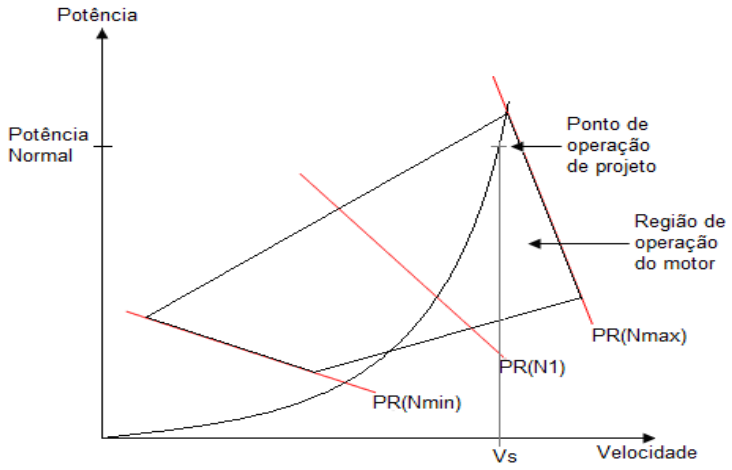


Figura 7 – Integração casco-hélice-motor (PR é potência requerida)

4. EXEMPLO ILUSTRATIVO

4.1 O navio escolhido

Entre as diferentes opções de navios porta contêineres, decidiu-se trabalhar com um navio Pequeno Alimentador porque um navio deste tipo está previsto para ser construído pelo estaleiro SIMA – Callao (Serviços Industriais da Marinha). Os valores fixados para o projeto são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Caraterísticas do Navio

Parâmetros	Projeto
L (m)	154,6
Lpp (m)	154
B (m)	23,89
T (m)	8
Cp	0,68
Cb	0,67
Deslocamento (t)	19.720
Carga (TEU)	800
Velocidade (nós)	18

4.2 A instalação propulsora

Foi desenvolvido o projeto da instalação propulsora para este navio. Uma das alternativas selecionadas é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 – Projeto da instalação propulsora Diesel direta

Parâmetros	Valores
V(nós)	18
RT (kN)	514
W	0,27
T	0,19
D(m)	5,6
Número de pás	5
Ae/Ao	0,67
P/D	1,2
Eficiência da hélice em água aberta	0,60
Potência requerida (kW)	8.260
N (rpm)	98
Margem de potência do motor	10%
Potência instalada (kW)	9.090
Margem de rotação	3%
N max. (rpm)	101

4.3 Analise de desempenho da instalação propulsora

Nesta seção procede-se a análise do desempenho da instalação propulsora para diferentes condições de operação do navio. Esta análise tem como finalidade fornecer informações para avaliar o desempenho técnico e econômico do navio quando opera com carga parcial de contêineres ou com velocidade diferente da de projeto.

Variação de deslocamento

Os navios Pequenos Alimentadores podem operar com deslocamento parcial em determinados trechos de sua rota, já que eles devem transportar carga de (ou para) um porto principal para (ou de) portos menores. É importante saber como a variação do número de contêineres ou do deslocamento do navio afeta a potência requerida. Isto tem um reflexo direto nas despesas com combustível.

Esta análise também pode ser usada para avaliar a conveniência de aumentar a velocidade do navio em condição de carga parcial.

Foram analisados os seguintes casos:

- Deslocamento de projeto;
- 70% de contêineres que, para alguns navios, é a condição real de projeto;
- 50% de contêineres.

Para a realização da análise foram admitidas as seguintes hipóteses:

a) O deslocamento do navio para carregamento parcial pode ser calculado através de:

$$\Delta\, parcial = (1 - Cdwt)\Delta proj + (\, fração carregada \times Cdwt \times \Delta proj)$$

Onde $Cdwt$ é coeficiente deadweight; $\Delta\, parcial$ é o deslocamento parcial; $\Delta\, projeto$ é o deslocamento de projeto; $fração carregada$ é a porcentagem de carga.

Adotou-se Cdwt igual a 0,60 (RAWSON J., TUPPER E., 1968)

b) Admite-se que para uma dada velocidade, a variação da resistência ao avanço em função da variação de deslocamento do navio possa ser calculada por:

$$\frac{(R_T)_{\Delta\, parc}}{(R_T)_{\Delta\, proj}} = \left(\frac{\Delta\, parc}{\Delta\, proj}\right)^{2/3}$$

Ressalte-se que esta aproximação é mais razoável para navios lentos, em que a resistência friccional é predominante, mas que não é o caso do navio considerado.

A Figura 8 apresenta as curvas de resistência do casco para os 3 carregamentos considerados em condições médias de casco e mar.

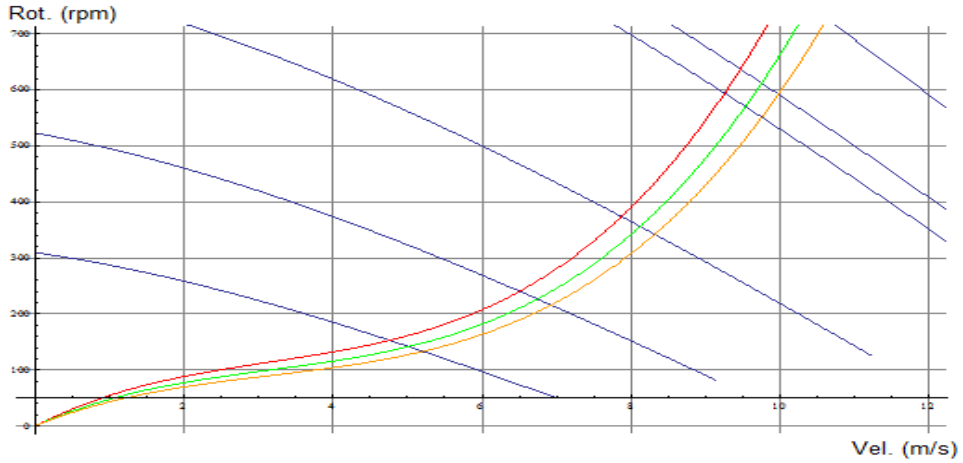


Figura 8 - Resistência vs velocidade para diferentes deslocamentos do navio

A Figura 9 mostra as curvas de potência requerida pelo conjunto casco-hélice em função da velocidade para diferentes condições de carregamento do navio: projeto (vermelha), de deslocamento com 70% dos contêineres (verde) e de deslocamento com 50% dos contêineres (laranja). São apresentadas também as curvas de potência requerida pelo hélice para diferentes rotações (em rpm). Estão representadas no diagrama as curvas de rotação em que o hélice opera para que o navio tenha velocidade 18 nós em diferentes condições de carregamento.

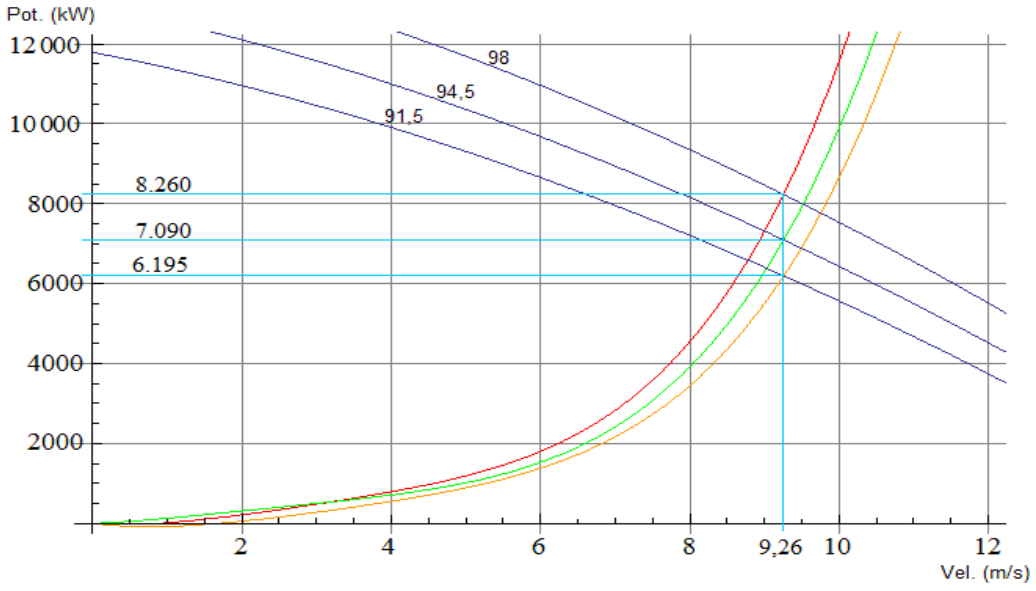


Figura 9 – Gráfico Potência (kW) vs Velocidade (m/s) para diferentes condições de operação

A Tabela 4 apresenta uma comparação dos principais resultados. Pode-se verificar a variação dos requisitos de potência e de rotação quando se reduz o carregamento, para uma mesma velocidade de serviço.

Tabela 4 – Desempenho da instalação propulsora para diferentes deslocamentos

Características	Deslocamento de projeto	Deslocamento 70% da carga	Deslocamento 50% da carga
Velocidade (nós)	18	18	18
Potência (kW)	8.260	7.090	6.195
Rotação (rpm)	98	94.5	91.5

Variação de velocidade

O objetivo desta análise é verificar a variação de potência e dos gastos com combustível decorrentes de aumento ou redução da velocidade. O cálculo de consumo de combustível foi efetuado para uma distância de 1.000 milhas.

Foram consideradas as velocidades de operação apresentadas na Tabela 5, apesar da solicitação feita à MAN, não se conseguiu dados de c.e.c. para diferentes pontos de operação do motor selecionado, admitiu-se que para pontos ao longo da curva do propulsor este motor tem o mesmo comportamento de outros motores de baixa rotação, adotando-se curva apresentada por (POUNDER, C.; 1984).

Tabela 5 – Cálculo da potência e consumo de combustível para diferentes velocidades

Velocidade (nós)	Potência (kW)	Rotação (rpm)	c.e.c. (g/kWh)	Consumo de combustível (ton/viag. red.)
16	5.110	84,5	151	96
16,5	5.700	87,5	154.5	106
17	6.470	91	158	120
17,5	7.320	94,5	163	136
18	8.260	98	170	156
18,5	9.220	101,5	178.5	178

Pode-se perceber que, com o aumento da velocidade, o consumo de combustível aumenta acentuadamente; assim, para uma viagem redonda (2.000 milhas) o consumo de combustível para 1a velocidade de 16 nós será de 96 toneladas enquanto que para a velocidade de serviço, 18 nós, o consumo de combustível de 156 toneladas; observa-se que com o aumento de 2 nós o consumo de combustível quase se duplica.

Com estes dados os armadores podem avaliar qual é a melhor forma de economizar nos gastos; diminuindo a velocidade de serviço ou aumentando um navio na rota para cumprir com os prazos de entrega.

Os valores de rotação e potência para cada velocidade estão indicados na Figura 10.

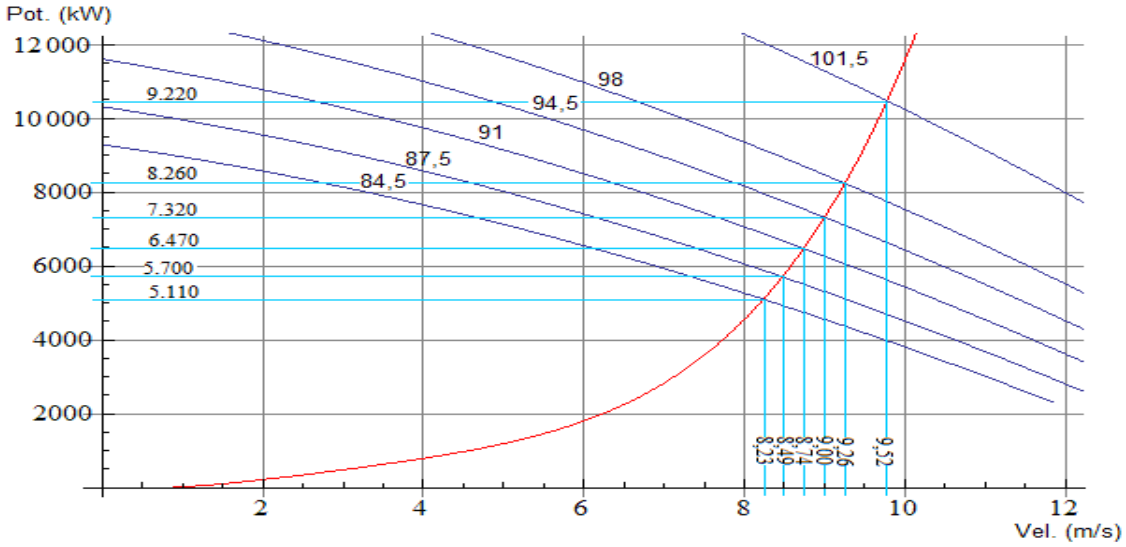


Figura 10 – Gráfico Potência vs Velocidade para condição de projeto

Prova de mar

O procedimento de analise pode ser utilizado para estimar os resultados de prova de mar e fornecer um instrumento para o armador avaliar o desempenho da instalação propulsora e do navio como um todo. Deve-se considerar a possibilidade do navio realizar a prova de mar em condição de lastro.

A Figura 11 apresenta as curvas de resistência para deslocamento de projeto em condições de projeto (condições médias de casco e mar) e de prova de mar e para deslocamento de lastro em prova de mar.

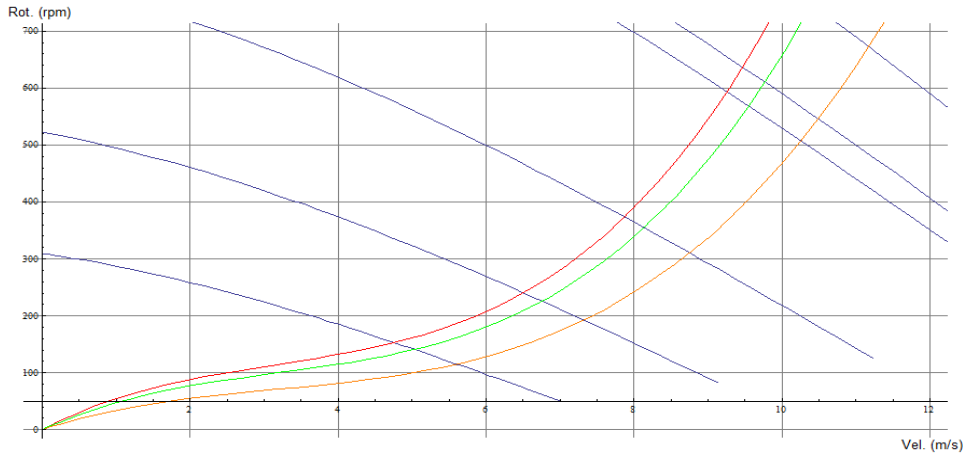


Figura 11 - Curvas de Resistência diferentes deslocamentos do navio

A Figura 12 apresenta uma comparação entre os valores de potência para as condições de projeto (curva vermelha), de prova de mar (curva verde) e de prova de mar com deslocamento parcial (curva laranja).

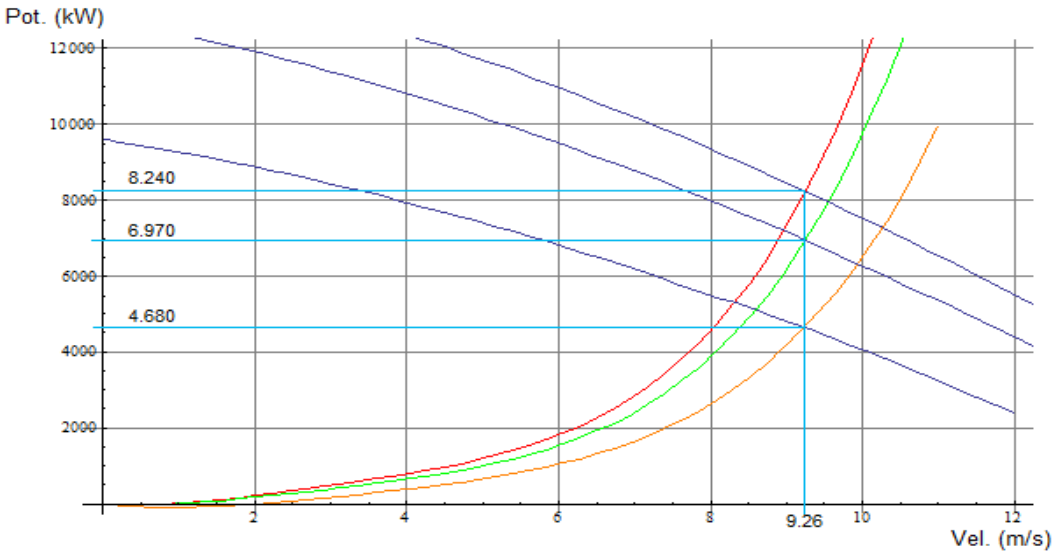


Figura 12 - Gráfico Potência (kW) vs Velocidade (m/s) para diferentes condições de operação

Na Figura 12 estão indicados os valores esperados de potência e rotação do eixo para que o navio em prova de mar, em diferentes condicoes de deslocamento, atinja a velocidade de 18 nós. Este valor deve ser comparado com o resultado obtido na prova de mar como forma de avaliar se a instalação propulsora teve o desempenho especificado no contrato.

Pode-se verificar na Tabela 11, a variação dos requisitos de potência e de rotação na condição de projeto, de prova de mar e prova de mar com deslocamento parcial, para uma mesma velocidade de serviço.

Tabela 11 – Previsão dos resultados de prova de mar

Características	Condição de projeto	Prova de mar	Prova de mar deslocam. parcial
Velocidade (nós)	18	18	18
Potência (kW)	8.240	6.970	4.680
Rotação (rpm)	98	94	85.5

5. CONCLUSÕES

Os navios porta-contêineres passaram por grandes mudanças nos últimos anos, com aumento considerável na capacidade de carga e da velocidade de serviço, resultando em aumento considerável da potência requerida, aumentando o consumo de combustivel.

Os armadores, junto com os projetistas, deverão analisar a melhor alternativa para diminuir o consumo de combustivel do navio. As opções disponíveis são: reduzir a velocidade do navio e aumentar um navio na rota de navegação para cumprir com os prazos de entrega da mercadoria ou otimizar a potência dos motores para menores velocidades.

6. REFERENCIAS

MAN B&W; Low Container Ship Speed Facilitated by Versatile ME/ME-C Engines.

Notteboom, T; Vernimmen, B; The effect of high fuel costs on liner service configuration in container shipping. Journal of Transport Geography, 2008

Pounder, C.; Pounder's Marine Diesel Engines, 6th edition. London, 1984.

Nuñez, J.; Dissertação de mestrado EPUSP: Estudo de instalações propulsoras para navios porta contêineres, 2009.

APRIMORAMENTO PORTUÁRIO DOS TRAPICHES E ATRACADOUROS DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM

Este trabalho visa a apresentação das características e a análise crítica das atuais condições infra-estruturais dos trapiches e atracadouros da região metropolitana de Belém (RMB), bem como apresentar soluções para os mesmos, baseado em estudos de levantamentos bibliográficos e conceitos adquiridos ao longo da pesquisa. E ao final expor uma concepção de terminal intermodal que supra adequadamente as necessidades dos usuários deste meio.
O estudo se inicia por uma revisão conceitual e, em seguida, tem-se a seleção das áreas de pesquisa e o levantamento de suas características. Após o levantamento, procede-se a análise dos casos, identificando-se os aspectos críticos. Com base na análise, têm-se as proposições de projetos portuários e intervenções nos trapiches e atracadouros pesquisados.

Paulo André Canto Pereira – Graduando em Engenharia Naval com ênfase em hidrovias pela Universidade Federal do Pará. Transcoqueiro, Rua São Francisco, Pass. Estrela Dalva, Casa 11B, Ananindeua-Pará, Brasil, CEP 67120000, canto.paulo@yahoo.com.br; 55 91 88921969

Maisa Sales Gama Tobias – Doutora em Engenharia de Transportes, professora e pesquisadora da Universidade Federal do Pará e da Universidade da Amazônia. Coordenadora da Pesquisa D-Fluvial. Rua dos Timbiras 1771, AP. 700, Belém-Pará, Brasil, CEP 66040470, tapajos@amazon.com.br; 55 91 32245796

1. INTRODUÇÃO

A região amazônica tem sido foco de discussões de grande visibilidade mundial por possuir uma vasta área de floresta, enorme biodiversidade e seu grande potencial hídrico. Por ser naturalmente propensa a navegação situa-se como ponto estratégico para engenharia naval. Dos 40.000 km de vias navegáveis presentes no Brasil, aproximadamente 20.000 km estão na região amazônica.

Belém como a maior metrópole da Amazônia possui um importante papel na região, a cidade desenvolveu-se à margem de rios e através deles estabeleceu sua economia, com a abertura de estradas a cidade direcionou-se as rodovias, inclusive seus investimentos, causando assim uma maior deficiência e clandestinidade dos trapiches já existentes e surgimento de novos pela própria necessidade da população usuária destes. Hoje com realizações de políticas públicas de infra-estrutura que visam o saneamento básico e turismo Belém está novamente investindo em projetos voltados à aquavia, mas sem abandonar sua logística rodoviária. Ressalta-se que a ligação da cidade com o rio nunca foi totalmente cortada, pois esta sobreviveu mesmo que de modo informal por uma necessidade natural de existência.

Através da análise da importância dos atracadouros e trapiches em suas específicas regiões da metrópole e suas localizações geográficas para melhor interligação entre os diversos pontos da região metropolitana de Belém (RMB), selecionou-se os locais a serem pesquisados. Concluída a primeira etapa, foram realizados levantamentos infra-estruturais nas áreas selecionadas, do ponto de vista do acesso (terrestre e fluvial) e a infra-estrutura como um todo. Utilizando os dados obtidos nas fases anteriores, propôs-se projetos de aperfeiçoamento portuário visando uma melhor adequação para a utilização destes locais pelos usuários.

Com base nas descrições discutidas acima, este trabalho tem como objetivo analisar de forma crítica a atual situação dos trapiches e atracadouros de transporte de passageiros na RMB e realizar uma concepção de aprimoramento portuário, levando em consideração as necessidades básicas de atendimento aos usuários dos mesmos, como melhor segurança, dignidade e qualidade de vida.

2. REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM (RMB)

Encontra-se localizada no extremo norte do Brasil, na foz do rio Amazonas, atualmente engloba cinco municípios (Belém,, Ananindeua, Benevides, Marituba e Santa Bárbara do Pará), Possi uma área de 1819,50 km² e 2.130.933 habitantes (Pedro, 2009) dos 7.065.573 habitantes do estado do Pará (IGBE, 2007), seu crescimento acumulado entre 2000 e 2007 foi de13,81% e média de crescimento populacional de1,97% ao ano (Pedro, 2009). Considerado

o centro econômico da região, o município de Belém capital do estado Pará é formado por uma parte continental de formato peninsular e inclui os distritos de Icoaraci, Ilha de Outeiro e Ilha de Mosqueiro, possuindo também uma área insular compostas por 39 ilhas subdivididas entre Ilhas do Extremo Oeste e Ilhas do Sul. Atualmente Belém tem 1.408.847 habitantes, o equivalente a 66, 11 % da população da sua região metropolitana.

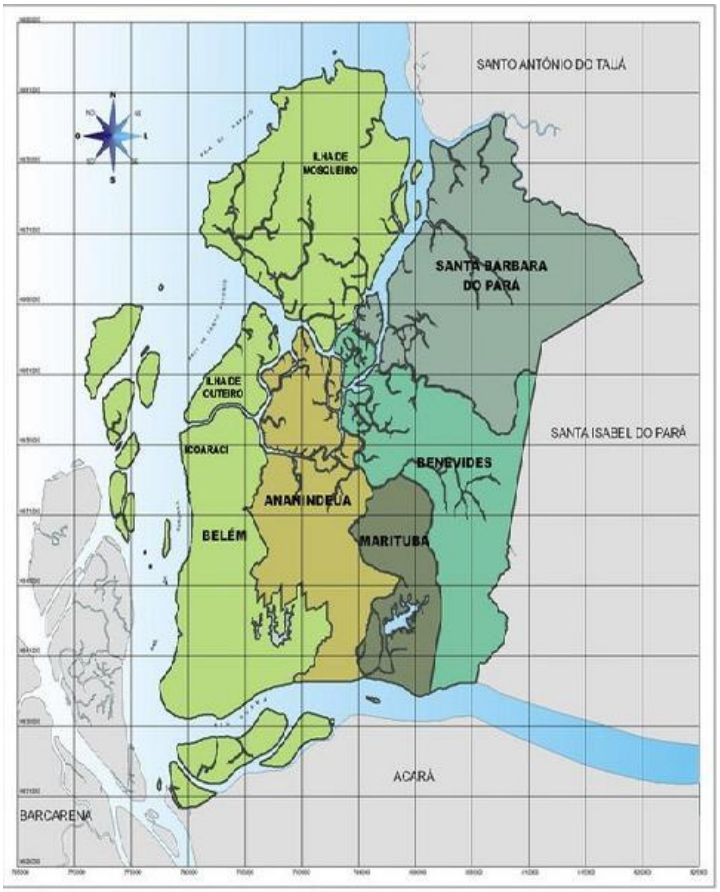


Figura 01: Região Metropolitana de Belém.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão conceitual serviu de grande embasamento para a realização das análises criticas sobre os trapiches e atracadouros da RMB e para a concepção de um terminal intermodal de passageiros. Estão expostos adiante conceitos básicos para melhor compreensão do estudo.

- **Terminal Hidroviário de Passageiros:** tem como função promover maior eficiência nos sistemas de transporte através de uma integração de seus subsistemas e melhor organização do sistema de operação das linhas de transporte (Moraes, 2006).

Ainda segundo Moraes (2006), os terminais têm as seguintes funções descritas:

Operacional:

- Facilidade de embarque e desembarque de passageiros;
- Possibilitar a transferência de um modo ou serviço de transporte para outro;
- Prover estacionamentos ou pátios para garageamento de veículos;
- Oferecer os serviços necessários ao atendimento do usuário;
- Administrar e operar o sistema de transporte no terminal;
- Proporcionar conforto e segurança ao usuário;
- Possibilitar uma circulação adequada de passageiros e veículos;

Localização:

- Servir como ponto de referência ao usuário;
- Dar maior eficiência ao sistema de transporte;
- Possibilitar uma maior acessibilidade ao transporte;
- Aumentar a mobilidade dos indivíduos;
- Atrair maior número de usuários para o transporte.

- **Flutuante:** feito de estrutura de aço semelhante a uma chata ou balsa utilizada para acostagem de embarcações, acompanhado a variação do nível de água (Vianna; Montoril, 2004).
- **Trapiche:** estruturas paralelas ao litoral sem que, no entanto sejam a eles contíguas. São normalmente ligadas por passarelas (Moraes, 2006).
- **Atracadouro:** é um local de atracação de embarcações onde não há nenhuma infra-estrutura de apoio portuário (Vianna; Montoril, 2004).
- **Exigências de localização do terminal:** a seguir serão relacionadas algumas exigências e necessidades de cada uma das partes interessadas no terminal (Moraes, 2006):

Do ponto de vista do usuário:

- Tempo mínimo de espera e/ou de transferência, boa coordenação de horários e pequena distância entre modos;
- Menor distância de circulação dentro do terminal;
- Conveniência (ou comodidade) - serviço adequado de informações, formas adequadas de circulação e capacidade, fácil e seguro embarque e desembarque, e facilidades para os deficientes físicos;
- Projeto arquitetônico agradável e proteção contra as intempéries;
- Segurança e confiança - proteção máxima contra acidentes de tráfego, superfícies e equipamentos seguros, boa visibilidade e iluminação.

Do ponto de vista do operador e empreendedor:

- Custo mínimo de investimento;
- Custo mínimo de operação;
- Capacidade adequada;
- Flexibilidade de operação;
- Capacidade de atrair passageiros.

Do ponto de vista da comunidade:

Estas exigências coincidem com aquelas listadas para o usuário e operador. Porém, a comunidade também está interessada nos efeitos, a curto, médio e longo prazo no entorno ao terminal. Os efeitos imediatos incluem o impacto ambiental, aspectos visuais e as conseqüências no sistema de transporte. Os efeitos de médio e longo prazo incluem as alterações na área de entorno que podem ser estimulados ou desencorajados pela operação do terminal.

- **Projetos governamentais:** como citado anteriormente Belém esta voltando novamente sua atenção para o rio através de projetos governamentais como Portal da Amazônia e Porto da ENASA. O Portal da Amazônia é um projeto de revitalização da orla da cidade que parte do "Mangal das garças" até a Universidade Federal do Pará (UFPA), esse projeto atingirá os Portos da Palha, Açaí, Casa Silva e a Praça Princesa Izabel, que serão substituídos por três terminais hidroviários ao longo do Portal. Já o Porto da ENASA é um projeto de terminal hidroviário de passageiros, no caso, será localizado entre o Ver-o-peso e o Trapiche de Icoaraci, interligando por rio os bairros dessa região com o centro de Belém, bairros estes que possuem de forma dificultosa somente o acesso rodoviário.



Figura 02: Projeto Portal da Amazônia e Porto da ENASA.

4. DAS PESQUISAS *IN-LOCO*

Para analisar as condições infra-estruturais e de serviços dos locais a serem pesquisados foram elaborados os seguintes requisitos mínimos para os mesmos, levando em consideração os estudos de levantamento bibliográfico:

- Acesso ao local por via terrestre;
- Acesso ao local pela aquavia;
- Proteção contra sol e chuva;
- Segurança pública;
- Condições de higiene (Lixeiras, limpeza do local, etc.);
- Assentos para os passageiros;
- Serviços e qualidade dos mesmos prestados pelo terminal (Lanchonete, revistaria, etc.);
- Bebedouros;
- Banheiros públicos;
- Flutuante (este quesito é de grande importância, pela existência de variação de maré na região);
- Adequação do terminal para acessibilidade de portadores de necessidades especiais;
- Estacionamento;
- Informações (guichê de informações, placas de aviso, etc.);
- Segmentação passageiro/carga;
- Bilheteria.

A seguir estão relacionados os locais selecionados para a pesquisa de acordo com sua classificação, levando em consideração os termos citados anteriormente.

- **Trapiches:** Porto Casa Silva, Praça Princesa Izabel, Trapiche da Ilha de Cotijuba, Trapiche de Icoaraci, Trapiche de Mosqueiro e Ver-o-peso.
- **Atracadouros:** Ilhas do Sul, Porto do Açaí e Porto da Palha.

Com base nos itens relacionados anteriormente, foram realizadas as pesquisas *in-loco* nos locais selecionados, além de levantamento fotográfico dos mesmos.

5. LEVANTAMENTO DOS TERMINAIS INTERMODAIS

As pesquisas foram realizadas nos atracadouros e trapiches da RMB, levando em consideração sua importância em suas regiões especificas da metrópole e sua localização geográfica para melhor interligação entre os diversos pontos da grande Belém.

Com base nisso, foram selecionados os seguintes locais:

- **Porto da Palha:** localizado na Avenida Bernardo Saião com a Travessa Padre Eutíquio, tem como principal usuário a população do bairro do Guamá e ribeirinhos das Ilhas do

Sul, normalmente pessoas que vem a cidade a trabalho ou estudo, além de possuir um comércio muito forte de venda de açaí.



Figura 03: Imagens de Satélite da localização e *layout* do Porto da Palha.

- **Praça Princesa Izabel:** localizada na Av. Bernardo Saião com a Av. Alcindo Cacela, é utilizada principalmente por turistas para travessia de restaurantes das Ilhas do Sul.

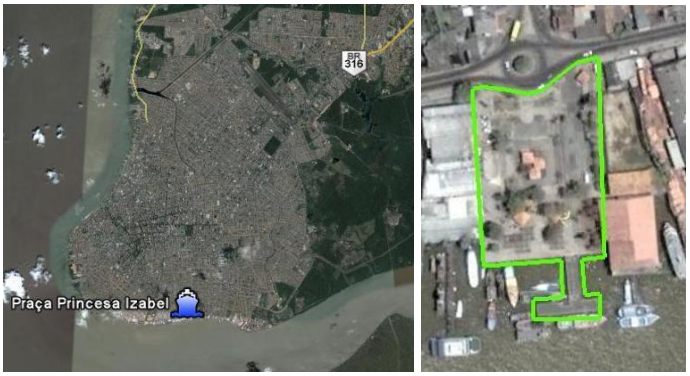


Figura 04: Imagens de Satélite da localização e *layout* da Praça Princesa Izabel.

- **Porto do Açaí:** localizado na Avenida Bernardo Saião com a Avenida Engenheiro Fernando Guilhon, tem em sua atividade muita similaridade com o Porto da Palha com o acréscimo de fazer maior interligação com usuários do Ver-o-peso.



Figura 05: Imagens de Satélite da localização e *layout* do Porto do Açaí.

- **Porto Casa Silva:** localizado ao lado do Porto do Açaí, difere em seus serviços somente por praticamente não haver comércio de açaí e por atender passageiros de outros municípios próximos a capital.



Figura 06: Imagens de Satélite do *layout* do Porto Casa Silva e Porto do Açaí.

- **Ver-o-peso:** localizado na Avenida Portugal, no centro histórico de Belém, tem em sua maior atividade o comercio de pescado, atraindo embarcações não só da RMB, mas de todo o estado.



Figura 07: Imagens de Satélite da localização e *layout* do Ver-o-peso.

- **Trapiche de Icoaraci:** localizado na Rua Siqueira Medes do distrito de Icoaraci, atende principalmente a rota Icoaraci-Cotijuba,cujo seus usuários constituem-se por moradores da Ilha e turista, sendo a maior demanda de passageiros do mesmo.

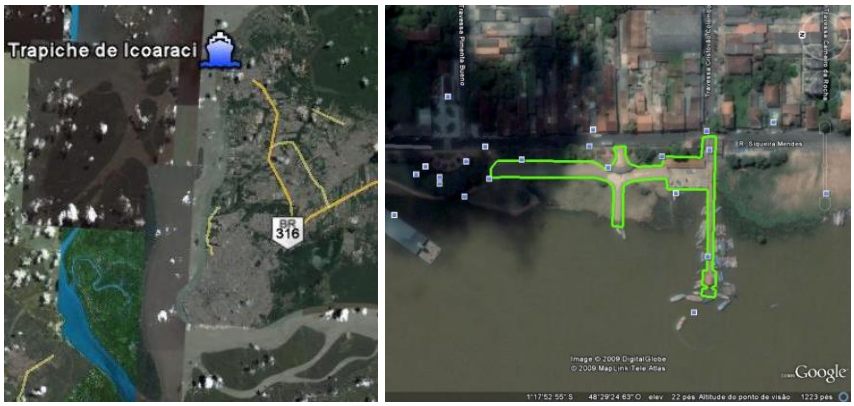


Figura 08: Imagens de Satélite da localização e *layout* do Trapiche de Icoaraci.

- **Trapiche da Ilha de Cotijuba (Ilhas do Extremo Oeste):** localizado ao sul da ilha, é voltado principalmente para o turismo, possui linhas regulares para Icoaraci, mas linhas escassas para o município de Belém.



Figura 09: Mapa, imagem e *Layout* do Trapiche de Cotijuba.

- **Ilhas do Sul:** não possui atracadouro principal, é constituída por população ribeirinha, com casas normalmente distantes e atracadouros próprios. Segundo pesquisa feita como moradores, cogita-se a possibilidade da construção de um terminal na Ilha do Combú, na comunidade de Boa Vista.



Figura 10: Mapa das Ilhas do Sul com a localização da comunidade de Boa Vista.



Figura 11: Mapa e atracadouros das Ilhas do Sul.

- **Trapiche de Mosqueiro:** localizado na Avenida Beira Mar do distrito de Mosqueiro, tem sua infra-estrutura subutilizada, pois praticamente não há linhas que a interligam com outros pontos da RMB, sendo sua principal rota a cidade de Belém e sua maior demanda de base turística.



Figura 12: Mapa da Ilha de Mosqueiro com a localização do trapiche da ilha.

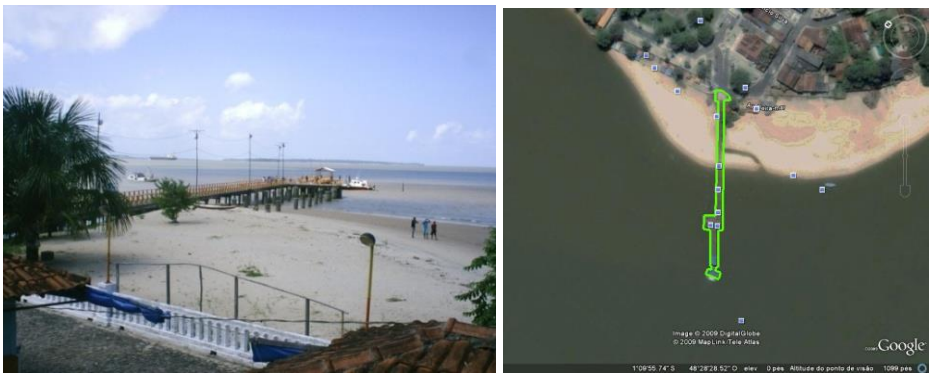


Figura 13: Imagem e *layout* do Trapiche de Mosqueiro.

6. RESULTADOS

Fazendo a análise dos locais e levando-se em consideração os itens elencados para o bom funcionamento de um terminal, obtiveram-se os seguintes resultados:

- **Acesso ao local por via terrestre:** somente os Trapiches de Icoaraci, Cotijuba e Mosqueiro e o Ver-o-peso possuem seu acesso facilitado, como paradas de ônibus e vias para o acesso de automóveis próximas, além de calçadas largas e área de acesso ao local pouco tumultuada e com relativa segurança.



Figura 14: Acessos aos Portos da Palha e Casa Silva.

- **Acesso ao local pela aquavia:** os únicos locais pesquisados que possuem um bom acesso aquaviário foram os Trapiches de Icoaraci, Mosqueiro e Cotijuba e o Porto Casa Silva, os outros locais lidam com o problema da variação de maré de forma menos adequada. A Praça Princesa Izabel e o Porto do Açaí e o Porto da Palha, embora não possuam flutuante para acesso, lidam com a variação de maré com um segundo piso de acesso em um nível abaixo do principal, já o Ver-o-peso possui uma escada que leva o usuário até onde se encontra o nível da maré.

  Além do exposto acima, os atracadouros dos Portos da Palha, e Açaí encontram-se em situação de abandono e segurança, como exposto a seguir.

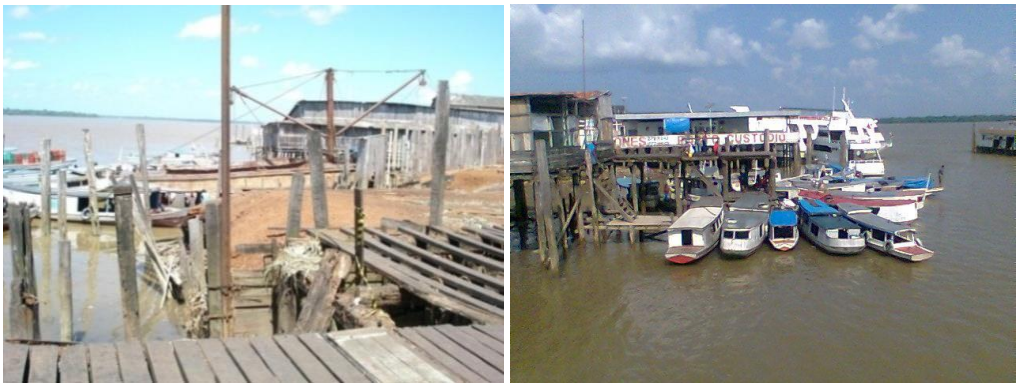


Figura 15: Condições infra-estruturais dos atracadouros dos Portos da Palha e do Açaí.

- **Proteção contra sol e chuva:** em nenhum dos locais foi detectada proteção adequada, embora pontos como Icoaraci, Cotijuba e Mosqueiro possuam proteção no trapiche próximo ao flutuante, e no caso de Icoaraci no flutuante, no entanto, não possuem proteção na passarela que dá acesso ao trapiche e a rampa que interliga o trapiche ao flutuante.
- **Segurança pública:** encontrou-se ronda policial somente nos Trapiches de Icoaraci, Cotijuba, Mosqueiro e na Praça Princesa Izabel, além de um Box da polícia situado no Porto da Palha. Porém encontrou-se relativa segurança somente nos Trapiches de Icoaraci, Cotijuba, Mosqueiro.
- **Condições de higiene (Lixeiras, limpeza do local, etc.):** na questão da presença de lixeiras nos locais pesquisados, foram encontradas lixeiras somente na Praça Princesa Izabel.

  No quesito limpeza do local, observou-se que apenas os Trapiches de Icoaraci, Cotijuba, Mosqueiro e Porto Casa Silva possuem relativa limpeza, ressaltando-se que a Praça Princesa Izabel está em estado de abandono, e que os Portos da Palha e Açaí, além do Ver-o-peso possuem uma higiene muito abaixo do aceitável (Figura 16).



Figura 16: Acumulo de lixo (Porto do Açaí).

- **Assentos para os passageiros:** somente nos Trapiches de Icoaraci e Cotijuba foram encontrados assentos para que os passageiros pudessem esperar as embarcações, mas eram poucos e sem uma ordem de distribuição.
- **Serviços e qualidade dos mesmos (Lanchonete, revistaria, etc.):** a lanchonete está sendo colocada como essencial neste item, pois presta um serviço básico, que é a oferta de alimentação para os usuários.

  Há lanchonetes nos Portos do Açaí e da Palha, bem como nos Trapiches de Icoaraci e Cotijuba, além do Ver-o-peso, porém os serviços prestados são de baixa qualidade, e possuem precária infra-estrutura e higiene
- **Bebedouros:** não foi encontrado em nenhum dos locais pesquisados a presença de bebedouros a disposição dos usuários.
- **Banheiros públicos:** nenhum dos locais pesquisados possui banheiros públicos.
- **Flutuante:** o flutuante foi elencado como um requisito importante pela presença de variação de maré na região, tendo em vista que o mesmo proporciona a manutenção do acesso à embarcação no nível da lamina d'água, oferecendo maior segurança e conforto.

  Nos locais pesquisados, somente os Trapiches de Icoaraci, Cotijuba e Mosqueiro, e o Porto Casa silva possuem flutuante, o que denota a falta de importância e recursos destinada a este item.
- **Adequação do terminal para acessibilidade de portadores de necessidades especiais:** nenhum dos locais pesquisados atende aos requisitos básicos para acessibilidade de portadores de necessidades especiais, referindo-se diretamente a ABNT NBR 15450 (Acessibilidade de passageiros no sistema de transporte aquaviário).
- **Estacionamento:** apenas o Trapiche de Icoaraci possui estacionamento para que os usuários possam deixar seus veículos para seguir viagem, ressaltando que o mesmo é um estacionamento aberto, ou seja, qualquer pessoa que estiver utilizando a via pública como

a orla de Icoaraci pode deixar seu veiculo no estacionamento, sendo o mesmo não exclusivo do trapiche.

- **Informações:** somente nos Trapiches de Icoaraci e Cotijuba foram encontrados placas de informações de preço e horários das viagens para os passageiros, porém as informações não estavam completas e atualizadas.
- **Segmentação passageiro/carga:** em nenhum dos locais pesquisados é feita a devida separação entre passageiro e carga, estes circulam nos mesmos espaços dentro dos trapiches e atracadouros, dificultado assim o transito de pessoas e mercadorias, diminuindo a qualidade de vida e segurança do usuário.
- **Bilheteria:** em três locais existem guichês de venda de passagem, mas somente o do Trapiche de Icoaraci e Cotijuba realmente funcionam de forma a atender os usuários, tendo em vista que a bilheteria da Praça Princesa Izabel encontra-se abandonado e depredado. Ressalta-se que estes guichês em funcionamento são mantidos assim pela Cooperativa de barqueiros de Icoaraci (Cooperbic).

7. CONCEPÇÃO DO TERMINAL

Levando em consideração os estudos de levantamento bibliográfico, os itens elencados para analisar as condições infra-estruturais dos locais pesquisados (item 4-Das pesquisas *in-loco*) e a ABNT – NBR 15450:2006 (Agencia Nacional de Normas Técnicas – Norma Brasileira: Acessibilidade de passageiros no sistema de transporte aquaviário), segue adiante a concepção do terminal hidroviário de passageiros para RMB.



Figura 17: *Layout* do prédio principal do terminal intermodal.

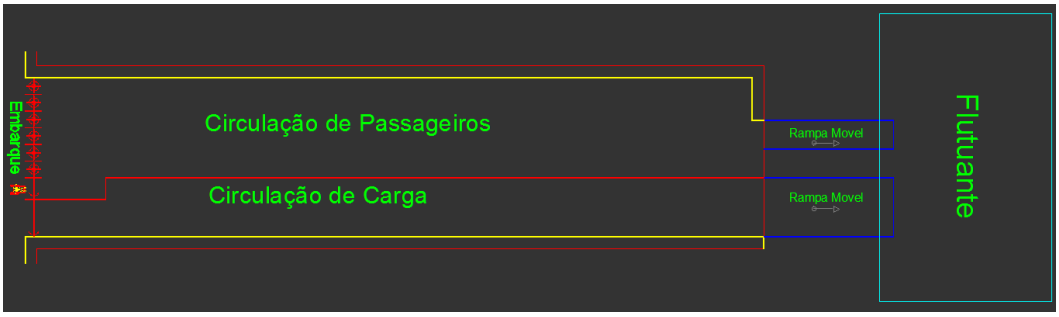


Figura 18: *Layout* do trapiche, da rampa e do flutuante de acesso a embarcação.

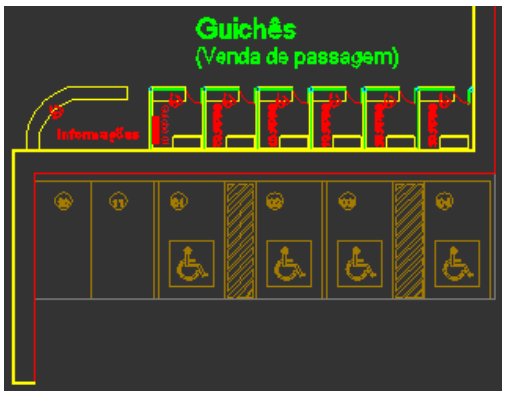


Figura 19: *Layout* dos guichês de venda de passagens, balcão de informações e garagem com vagas para portadores de necessidades especiais (P.N.E.).

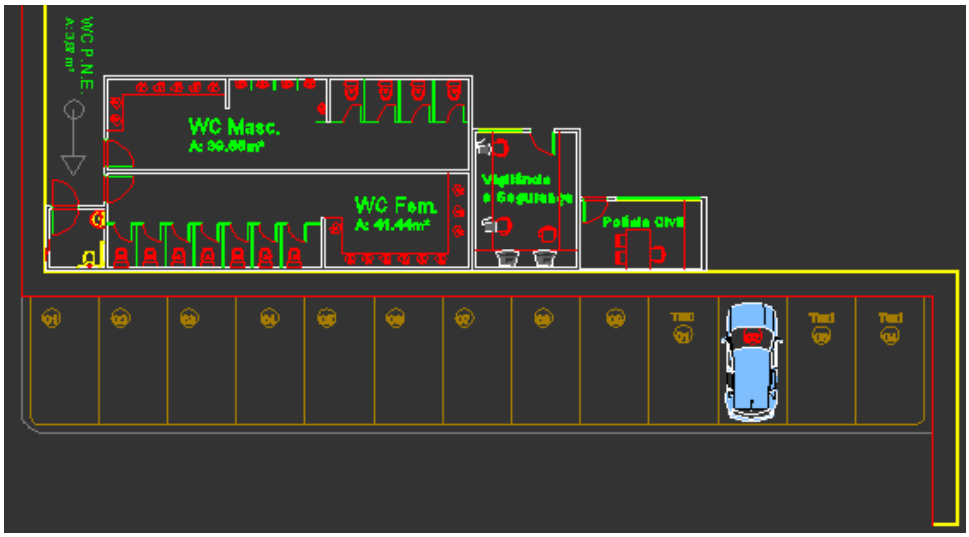


Figura 20: *Layout* dos banheiros (masculino, feminino e para P.N.E.), sala de segurança e vigilância, sala da polícia civil e estacionamento com vagas para táxis.

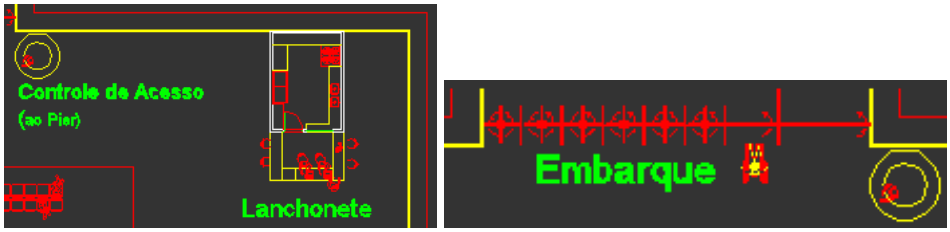


Figura 21: *Layout* do controle de acesso ao píer, da lanchonete e da área de embarque.

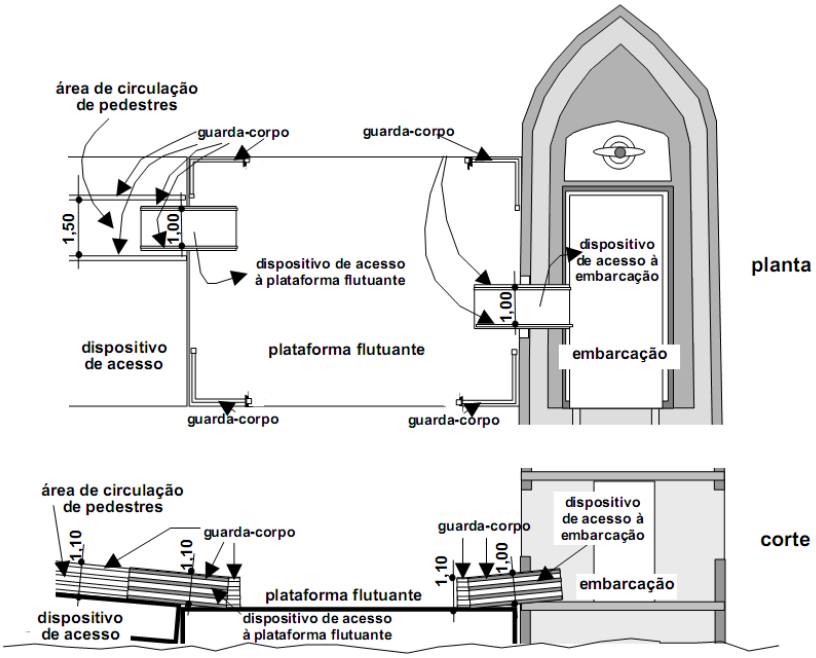


Figura 22: Condições de acessibilidade para P.N.E. (medidas em metros).

8. CONCLUSÃO

Os Trapiches e principalmente os atracadouros da RMB encontram-se defasados, abandonados, sem segurança e infra-estrutura adequada para que possam operar de forma confiável, prestando bom serviço e com isso oferecendo melhor qualidade de vida aos usuários dos mesmos. Este fato ocorre pela falta de assistencialismo público, que continua visível nestes locais, não esquecendo a volta de investimentos governamentais em projetos que visem à melhoria da orla da região, mas que ainda estão em fase de desenvolvimento. Embora os trapiches e atracadouros da RMB estejam nessas condições, não se pode deixar de ressaltar que estes vêm atendendo mesmo que de forma precária as necessidades da população da região metropolitana e do estado do Pará.

Para melhor desenvolvimento dessas áreas assim como de toda a RMB, é de extrema importância a elaboração de projetos que visem à melhor adequação desses locais as necessidades de demanda, através de investimentos em infra-estrutura portuária, partindo de estudos das características de carga e passageiro ao longo da orla da "grande Belém". Desta forma, este trabalho veio a contribuir para com estas análises e além das idéias expostas anteriormente, expõem como alternativa, conceitos para a melhor execução dos serviços prestados pelos terminais hidroviários como: a) bom acesso ao local por via terrestre; b) bom acesso ao local pela aquavia; c) proteção contra sol e chuva; d) condições de higiene (Lixeiras, limpeza do local, etc.); e) assentos de espera para os passageiros; f) tipos e

qualidade dos serviços prestados (lanchonete, revistaria, etc.); g) bebedouros; h) banheiros públicos; i) flutuante j) adequação do terminal para acessibilidade de portadores de necessidades especiais; k) estacionamento; l) informações (guichê de informações, placas de aviso, etc.); m) segmentação passageiro/carga; n) bilheteria; o) segurança pública. De modo geral, constata-se a necessidade de mais pesquisas e execução de projetos que visem à melhoria dos trapiches, atracadouros e de toda a orla da RMB.

9. BIBLIOGRAFIA

ABNT – NBR 15450:2006 (Agencia Nacional de Normas Técnicas – Norma Brasileira: Acessibilidade de passageiros no sistema de transporte aquaviário).

Alfredini, P. **Obras e gestão de portos e costas**, 1ª ed. Edgard Blucher, São Paulo, 2005.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2007- Contagem da População**, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 2007.

Moraes, H. B. **Portos**, Apostila da disciplina Portos, curso de Engenharia Civil, Faculdade Ideal (FACI), Belém, 2006.

Neto, J. L. **A navegação fluvial amazônica na perspectiva da integração regional ao mercado nacional**, Dissertação (Mestrado), Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 1991.

Pedro, N. S. **Estudo de terminal articulado a sistema de transporte intermodal para a região metropolitana de Belém**, Tese (Graduação), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, 2009.

Tobias, M. G. **Custo do transporte e indicadores de mobilidade urbana na região metropolitana de Belém**, Editora da UNAMA (Série Relatórios de Pesquisas), Belém, 2005.

Vianna, J. T.; Montoril, M. G. **Caracterização da movimentação de embarcações nos atracadouros do litoral de Belém**, Tese (Graduação), Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, 2004.

Avaliação “On-line” da Estabilidade em Navios da Marinha do Brasil

David L. L. Sicuro, MSc

Instituto de Pesquisas da Marinha
Rua Ipirú, 2 – Ilha do Governador – Rio de Janeiro – RJ – Brasil

e-mail: dlsicuro@gmail.com

RESUMO

O Módulo de Cálculo “On-line” da Estabilidade (MCOE) é parte integrante do Sistema de Controle de Avarias (SCAV) das Fragatas Classe “Niterói” da Marinha do Brasil. O MCOE tem por objetivo prover informações continuamente atualizadas sobre os principais parâmetros relacionados a estabilidade intacta do navio, traçando as curvas de estabilidade estática e dinâmica, além de verificar o Critério de Estabilidade de Sarchin and Goldberg para vento lateral. Outra funcionalidade importante é possibilitar simulações. O MCOE simula os efeitos do alagamento de compartimentos, os efeitos da introdução de cargas em qualquer ponto do navio, e também permite a introdução de diferentes valores de intensidade de vento lateral de modo a indicar restrições de segurança a possíveis manobras desejadas pelo comando do navio.

ABSTRACT

The Module for On-line Calculation of Stability (MCOE) is part of the Damage Control System (SCAV) of Brazilian Navy’s “Niterói” Class Frigates. The objective of this module is to furnish continuously updated information about the main parameters related to the intact stability of the vessel, in order to allow static and dynamic stability curves plotting and also to verify the Sarchin and Goldberg Stability Criteria for actual beam wind. Another important feature is to permit simulations. The MCOE simulates the effects of flooding compartments, the effects of added loads anywhere on the ship, and also allows to introduce different values of beam wind intensity in order to indicate some security restrictions to possible desired maneuvers of the ship’s command.

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento do estado atual da estabilidade de um navio sempre será uma informação desejável ao seu comandante e a seus oficiais de máquinas e controle de avarias, especialmente em um navio de guerra, potencialmente mais sujeito a fatores que possam alterar sua estabilidade.

O Módulo de Cálculo "On-line" da Estabilidade (MCOE) é um sistema computacional que é parte integrante do Sistema de Controle de Avarias (SCAV) das Fragatas Classe "Niterói" da Marinha do Brasil.

A principal meta do MCOE é fornecer os parâmetros e curvas que expressam como está a estabilidade do navio a qualquer momento durante uma comissão no mar de forma rápida e com a maior precisão possível. Outra característica importante é possibilitar simulações de alagamento de compartimentos, adição de pesos em qualquer ponto do navio e também poder submeter o navio ao Critério de Estabilidade de Sarchin and Goldberg, em termos de vento lateral, com diferentes valores de intensidade do vento.

O objetivo deste trabalho é mostrar como o MCOE se apresenta, como são realizadas todas as etapas do cálculo e como as simulações são efetuadas.

2.VISUALIZAÇÃO GERAL DO MÓDULO

O MCOE é acionado através de uma tecla na tela principal do SCAV e se apresenta numa janela com as seguintes seções, conforme mostrado na Figura 1.

Diagrama de Alagamento

Nesta seção podemos ver representados na planta baixa dos diversos conveses do navio todos os compartimentos alagáveis. Na cor rosa, os compartimentos que, se alagados, contribuirão para a diminuição da estabilidade; na cor verde claro, os compartimentos que, se alagados, contribuirão para o aumento da estabilidade; e na cor amarela, os compartimentos que, se alagados, contribuirão para o aumento da estabilidade caso não ocorra o efeito de superfície livre. Sempre que ocorrer uma avaria de alagamento, o SCAV notificará o MCOE e este indicará com a cor verde o compartimento alagado com o seu percentual de alagamento e automaticamente toda a reavaliação da estabilidade do navio é feita e apresentada. Os compartimentos em simulação de alagamento serão indicados na cor laranja. A Figura 1 mostra um exemplo típico do que foi explicado.

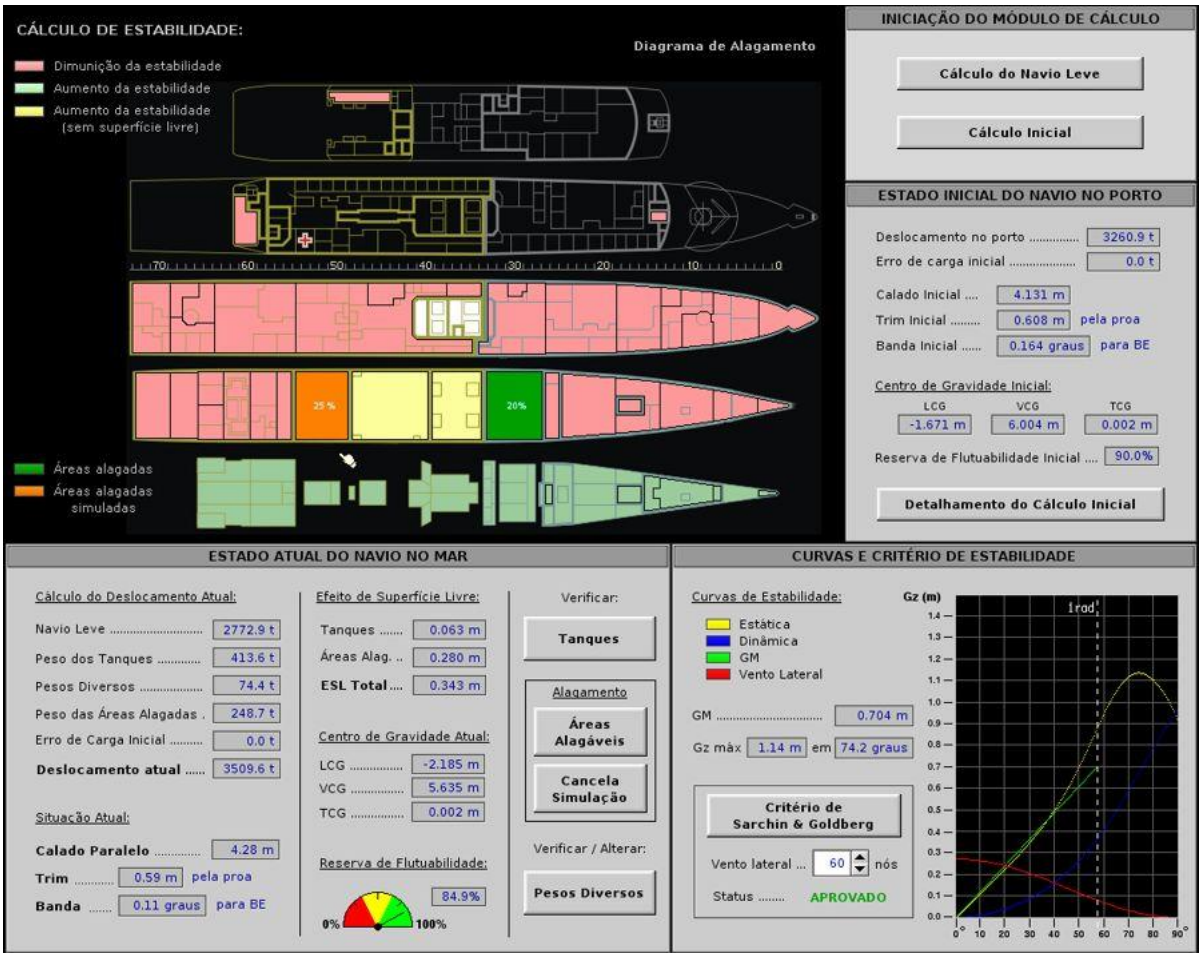


Figura 1

Iniciação do Módulo de Cálculo

Aqui o MCOE é iniciado através das teclas: Cálculo do Navio Leve e Cálculo Inicial.

Estado Inicial do Navio no Porto

Nesta seção são apresentados os dados referentes a situação do navio imediatamente antes de partir para uma comissão no mar. Existe ainda uma tecla que disponibiliza os principais parâmetros auxiliares usados para a obtenção dos resultados do Cálculo Inicial.

Estado Atual do Navio no Mar

Aqui os parâmetros mais importantes que demonstram o estado corrente da estabilidade são apresentados. Existem ainda teclas para verificar detalhadamente a situação dos tanques e áreas alagáveis, além de permitir a verificação e alteração de todos os pesos a bordo.

Curvas e Critério de Estabilidade

Aqui são apresentadas as curvas de estabilidade estática e dinâmica, GM e de vento lateral, além do status da aplicação do critério de Sarchin and Goldberg para o valor de vento lateral corrente. Há uma tecla que mostra detalhadamente os cálculos da aplicação deste critério.

3. ETAPAS DO CÁLCULO

3.1 Cálculo do Navio Leve

Esta etapa de iniciação do MCOE tem por objetivo obter o deslocamento e o centro de gravidade (CG) do Navio Leve. Os dados de referência para este cálculo são encontrados no relatório da última prova de inclinação que o navio realizou. Na verdade, esta etapa refaz os cálculos apresentados neste relatório de modo a obter os parâmetros do Navio Leve seguindo o mesmo procedimento computacional que será usado para obter o deslocamento e o CG na segunda parte da iniciação do módulo, isto é, no Cálculo Inicial. Toda esta preocupação visa minimizar as diferenças geradas por erros numéricos e de aproximações entre os resultados obtidos por duas formas computacionais diferentes: a do MCOE e a de quem gerou o relatório da prova de inclinação.

As Figura 2a, 2b e 2c mostram passo a passo a seqüência de janelas necessárias para a obtenção dos parâmetros do Navio Leve. Ao finalizar esta iniciação, os dados são gravados no banco de dados do SCAV e o MCOE estará habilitado para o Cálculo Inicial.



Figura 2a

Sempre que o navio sofrer alterações estruturais significativas, uma nova prova de inclinação deverá ser feita para obter os novos parâmetros do Navio Leve e então reiniciar o MCOE com estes dados.



Figura 2b

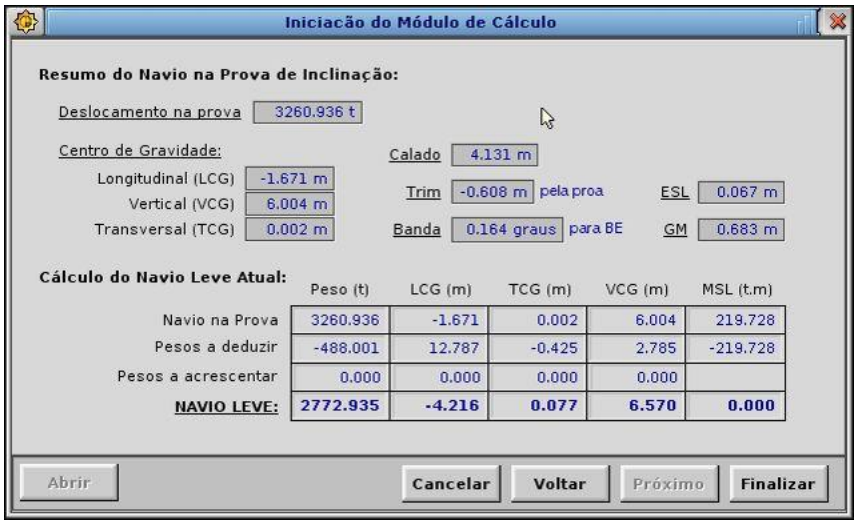


Figura 2c

3.2 Cálculo Inicial

Esta etapa da iniciação é a mais importante para que possamos partir para o mar com dados confiáveis que nos proporcionarão avaliações da estabilidade o mais perto possível da realidade em que o navio se encontrará.

A forma mais precisa de se obter o deslocamento de um navio é através da medição de seus calados, utilizando as curvas hidrostáticas ou as curvas de Bonjean/Vlasov. No entanto, este método é possível apenas com o navio atracado no cais. Uma vez navegando, o deslocamento só poderá ser obtido através do somatório de todos os pesos a bordo. Sendo assim, para que o Cálculo Inicial seja considerado válido, é necessário que os valores de deslocamento obtidos tanto pelos calados como pelo somatório de pesos sejam os mais próximos possíveis. Para

isso, imediatamente antes da partida do navio, os seguintes procedimentos devem ser executados: (1) todos os pesos devem ser contabilizados: a planilha de sondagem de todos os tanques, a planilha dos diversos pesos do navio (tripulação, mantimentos, sobressalentes, munição, etc.) e a planilha de compartimentos alagados devem ser atualizadas; (2) a densidade da água do mar onde o navio se encontra atracado e a densidade dos líquidos dos tanques de lastro devem ser medidas; e (3) os calados devem ser lidos com a maior precisão possível. Na medida em que todos os pesos considerados têm seu CG conhecido, podemos obter o deslocamento e o CG do navio pelo somatório dos pesos e momentos gerados por estes pesos. De posse de todos estes dados, o Cálculo Inicial poderá ser executado. A Figura 3 mostra a janela que é apresentada ao clicar na tecla “Cálculo Inicial”. Neste exemplo, os dados usados são os mesmos da prova de inclinação.

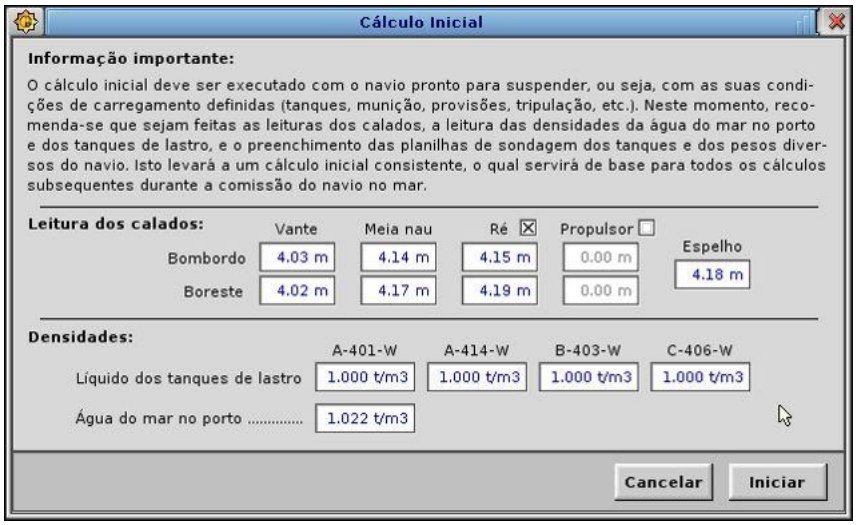


Figura 3

A idéia é calcular e comparar os valores de deslocamento e CG obtidos pelos dois métodos - calados e curvas hidrostáticas versus somatório de pesos e momentos. Cabe lembrar que pelo método dos calados e curvas hidrostáticas apenas o centro de gravidade longitudinal (LCG) poderá ser calculado já que não temos disponíveis os parâmetros do gráfico das tangentes como numa prova de inclinação. Se a diferença entre os valores de deslocamento e LCG dos dois métodos de cálculo for inferior a 7%, o cálculo inicial será aceito como válido. Assim, o deslocamento e o LCG obtidos pelo método dos calados e os valores de centro de gravidade vertical e transversal (VCG e TCG, respectivamente), obtidos pelo método do somatório de pesos, serão assumidos como os dados iniciais do navio para a comissão no mar.

A diferença de valores de deslocamento será denominada Erro de Carga Inicial e terá seu LCG calculado. O TCG e VCG serão arbitrados idênticos aos obtidos pelo método do somatório dos pesos. Este erro é considerado como um peso virtual (positivo ou negativo) e será levado em consideração em todos os cálculos da estabilidade realizados no mar até que o navio retorne a um porto onde um novo Cálculo Inicial poderá ser realizado. A Figura 4 mostra a janela onde o detalhamento do Cálculo Inicial é apresentado.

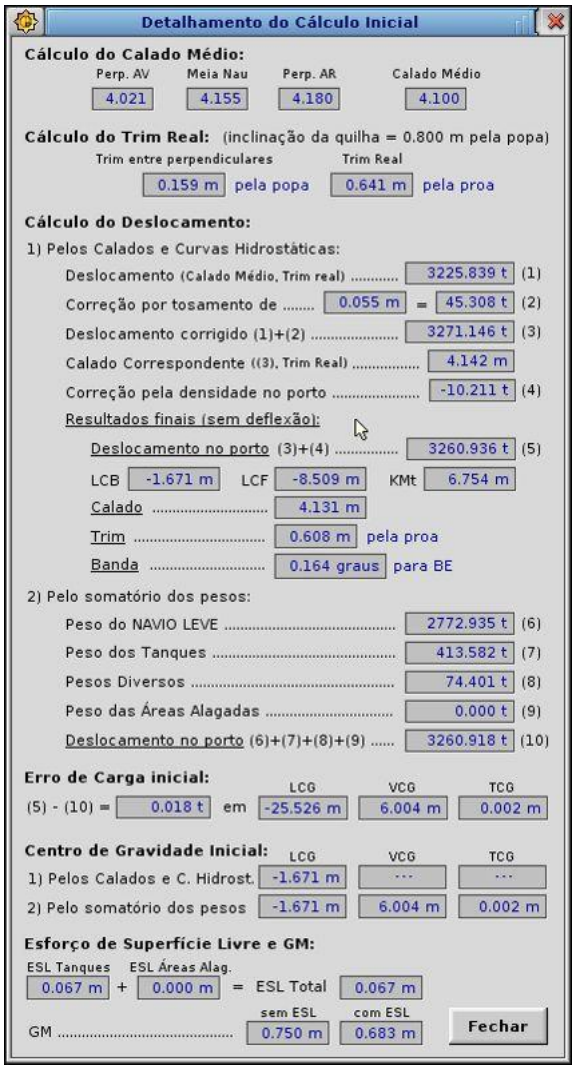


Figura 4

3.3 Cálculo no Mar

Durante o tempo em que o navio estiver no mar, a grande preocupação é que todas as alterações nos pesos de bordo sejam contabilizadas. Nos navios em que haja monitoramento automático do nível dos tanques esta tarefa ficará mais simples. Caso contrário, deverá ser criada uma rotina de atualização da planilha de sondagens de tanques do SCAV. Variações

nos valores dos pesos diversos de bordo também deverão ser constantemente atualizadas na planilha de pesos do MCOE. Munição utilizada, provisões e mantimentos consumidos, um helicóptero que pousa no navio, ou seja, qualquer alteração para mais ou para menos deverá ser notificada ao MCOE. Possíveis alagamentos em compartimentos são automaticamente atualizados sempre que o SCAV detectar uma avaria de alagamento. Além disso, alterações na intensidade do vento lateral também terão que ser atualizadas na base de dados do sistema. Toda e qualquer alteração nestes parâmetros fará com que o cálculo no mar seja automaticamente refeito e assim todas as curvas e parâmetros relativos a estabilidade do navio serão atualizados.

4. SIMULAÇÕES

O MCOE permite 3 tipos de simulação: alagar compartimentos, alterar / adicionar pesos em qualquer ponto do navio e variar a intensidade de vento lateral para verificar se o navio seria aprovado ou não pelo Critério de Sarchin and Goldberg.

4.1 Alagamentos

Para simular um alagamento basta clicar o mouse num determinado compartimento. Neste momento uma pequena janela aparecerá para que se possa introduzir o percentual de alagamento desejado. Definido isto, o compartimento aparecerá na cor laranja e todo cálculo da estabilidade é refeito e reapresentado. Como já mencionado, os alagamentos reais são representados na cor verde.

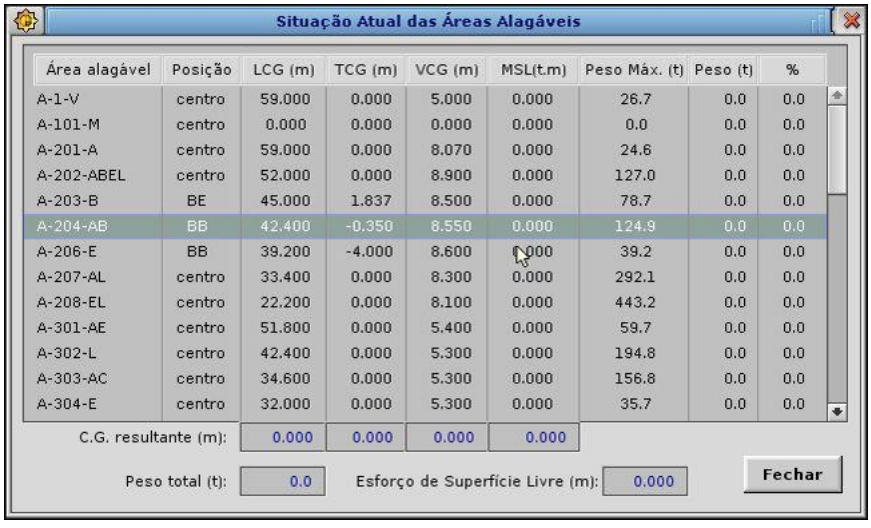


Figura 5

Diversas simulações de alagamento podem ser feitas simultaneamente. Ao encerrar as simulações de alagamento através da tecla “Cancela Simulação” o navio volta a sua condição real. As informações detalhadas sobre o estado das áreas alagáveis pode ser obtidas pela tecla “Áreas Alagáveis”, como mostra a Figura 5.

4.2 Pesos Adicionais

Qualquer dos pesos pré-definidos do navio pode ser alterado a qualquer momento caracterizando uma simulação. Além disso, há a possibilidade da inclusão de até 3 pesos extras e seus respectivos CG em qualquer ponto do navio, através do preenchimento de alguns campos da janela obtida pela tecla “Pesos Diversos”, como mostra a Figura 6.

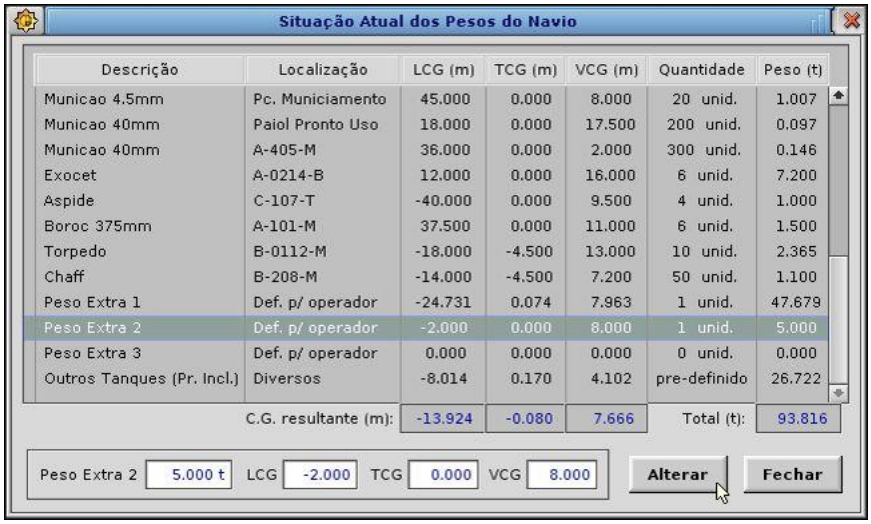


Figura 6

4.3 Vento Lateral

A simulação do vento lateral é efetuada através da introdução de valores de intensidade num campo específico da seção de “Curvas e Critério de Estabilidade” da janela principal. A cada novo valor, a estabilidade é recalculada e seus parâmetros e curvas atualizadas. O MCOE permite um acompanhamento mais detalhado da aplicação do Critério de Sarchin and Goldberg. Ao clicar na tecla “Critério de Sarchin and Goldberg” uma janela surgirá apresentando as curvas de estabilidade estática e a curva do vento lateral, como mostra a Figura 7. Neste gráfico são visualizados o ponto de intersecção entre as curvas (c) e as áreas de interesse A1 e A2. De uma forma didática, as duas partes do critério são explicadas e o operador pode acompanhar as variáveis envolvidas sendo atualizadas automaticamente

sempre que o valor do vento é alterado ou haja qualquer alteração de pesos durante esta simulação. Para ser aprovado neste critério é necessário que as duas partes do critério sejam satisfeitas.

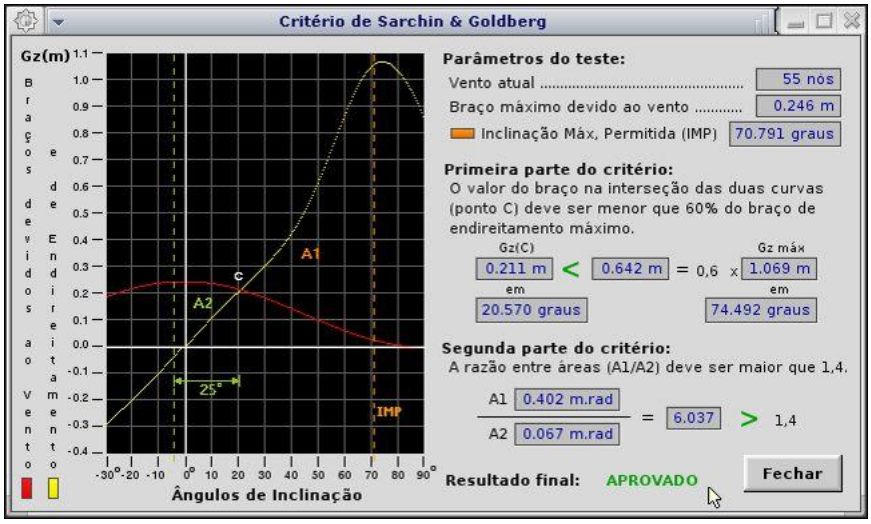


Figura 7

5. CONCLUSÃO

A automatização cada vez maior dos sistemas de controle de avarias tem sido uma preocupação constante na área naval, tanto para navios de guerra ou mercantes, como para plataformas de petróleo *offshore*. As vidas e os enormes patrimônios envolvidos nestas atividades justificam esta preocupação. O desenvolvimento do SCAV e, em particular do MCOE, vem de encontro a este esforço de melhorar as condições de segurança nos meios embarcados.

O MCOE foi a primeira iniciativa feita pela Marinha do Brasil, através do Instituto de Pesquisas da Marinha, de automatizar um procedimento extremamente necessário mas totalmente inviável de se realizar sem um suporte computacional: a avaliação on-line da estabilidade de um navio em comissão no mar. Apesar de não proporcionar uma informação totalmente precisa em função da intrínseca incerteza de alguns dados envolvidos no cálculo, o MCOE é uma ferramenta importante no dia-a-dia da operação do SCAV, pois dá uma idéia bastante confiável da estabilidade do navio enquanto estiver longe do porto.

Alguns aperfeiçoamentos no sistema poderão ser introduzidos nas próximas versões como submeter o navio a outros critérios de estabilidade além do que já é feito, como por exemplo o

Critério para Guinadas em Alta Velocidade ou o Critério para Içar Cargas Pesadas pela Borda do Navio, este último de extrema importância em pequenos navios polares ou oceanográficos, por possuírem guindastes a bordo. Outro aperfeiçoamento importante seria a introdução de um sistema de apoio a decisão para sugerir formas de compensar situações desfavoráveis da estabilidade do navio, indicando alterações na situação de tanques ou mesmo sugerindo sacrificar compartimentos através do alagamento, visando manter o navio equilibrado. Além disso, também pode-se introduzir o conceito de avaliação da estabilidade em avaria, onde parte do casco não contribui para a flutuação do navio.

6. BIBLIOGRAFIA

Comstock, J. P. (1967) **Principles of Naval Architecture**, SNAME, New York.

Marinha do Brasil (1977) **Fragata Constituição Stability Handbook**, Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Marinha do Brasil (2000) **Prova de Inclinação da Fragata Liberal**, Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Marinha do Brasil (2001) **Manual de Estabilidade**, Centro de Adestramento Almirante Marques de Leão, Rio de Janeiro.

Sarchin, T.H. and L.L. Goldberg (1962) **Stability and Buoyancy Criteria for U.S. Naval Surface Ships**, SNAME, New York.

Modelagem e Implementação de um Ambiente Computacional para Pesquisa, Aplicações e Aprendizagem de Métodos Numéricos

Cleber Paiva de Souza
Universidade de São Paulo (USP)
cleber@labrisco.usp.br

Mardel de Conti
Universidade de São Paulo (USP)
mbdconti@usp.br

Abstract

This paper presents the concept design and describes the implementation and use of a computational environment for research, application and learning of numerical methods in Engineering, specifically in Naval Architecture and Ocean Engineering. Some characteristics of this environment are:

1. User-friendly interaction through a web root-interface and various branches, which enable functionalities such intercommunication among users via forum, chat, e-mail; collaborative knowledge construction via *wiki*; remote processing of technical and administrative tools; shared databases' construction with incremental information based on continuous following of processed tools' input and output; e-learning and knowledge management; project management; access control; safety and security management; geometry flow visualization.
2. Remote connection through X-interface secure shell (ssh), enabling access to all the tools installed at the laboratory, including site construction and management, structured languages compilation, file management and others.
3. Adoption, as extensively as possible, of FLOSS (free, libre, *open source software*) concepts, products and practice.
4. Multi-institutional participation.
5. Hide of complexities of the tools and functions accessed by the users; stratified user's ability to interact with the tools; stratified restrictions on processing.

1. Introdução

O trabalho apresenta aspectos da concepção, da implantação e do uso de ambiente computacional para pesquisa, aplicações e aprendizagem de métodos numéricos em engenharia.

Nas seções adiante, descrevem-se os requisitos e restrições para o ambiente computacional almejado, a configuração resultante para o ambiente, com base em tecnologias disponíveis na atualidade, a implementação do ambiente e considerações finais.

Algumas das características que resultaram para o ambiente, na concepção de interação amigável por meio de uma interface web, são: a) intercomunicação entre usuários por fóruns, *chats*, e-mail; b) construção de conhecimento colaborativo por *wikis*; c) processamento remoto de ferramentas computacionais técnicas e administrativas; d) construção de bancos de dados compartilhados com informação incremental baseada em processamento das

ferramentas aplicativas; e) aprendizagem e gestão de conhecimento por meio de ferramentas computacionais; f) gestão de projeto; g) controle de acesso; h) gestão de segurança.

2. Requisitos e restrições para o sistema computacional do laboratório de pesquisa

O ambiente dá suporte ao grupo de pesquisa denominado LabNUMERAL - *Laboratory for Numerical Methods in Engineering: Research, Application and Learning*, sediado na Escola Politécnica da USP, cuja atuação concerne métodos numéricos em engenharia, especialmente Dinâmica de Fluidos Computacional (CFD - *Computer Fluid Dynamics*).

Um exemplo da produção do grupo é um conjunto de procedimentos e *software* para determinação da resistência de ondas de navios de deslocamento ao avanço (ver de Conti & Domiciano, 2000 [1]; Domiciano, 2002 [2]; Domiciano e de Conti, 2006 [3]). Utilizou-se o método de fontes de Rankine, com distribuição contínua parabólica de sua intensidade segundo bi-B-Splines.

Outro exemplo é um método e "*software*" para representação da superfície do casco, por meio de produto tensorial de curvas B-Spline, em que se faz uma aproximação da superfície com base em pontos de tabela de cotas por método dos mínimos quadrados (de Conti et al, 2003 [4]).

Presentemente, o grupo trabalha com método RANS (*Reynolds Averaged Navier Stokes Method*), em que efeitos turbulentos são levados em consideração em termos médios. Uma etapa importante deste método é a geração de malhas no domínio fluido. O grupo optou por geração de malhas estruturadas por transformações transfinitas e elípticas.

Paralelamente, o grupo conduz experimentos por meio da técnica PIV (*Particles Imaging Velocimetry*), em parceria com o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo). Parte do *software* (de Conti et al, 2008 [5] e Domiciano et al, 2008 [6]) desenvolvido pelo grupo é registrada no INPI (Instituto Nacional de Propriedade Intelectual).

No entanto, o grupo pretende abrir parte de sua produção computacional sob licença de *software* livre, permitindo a participação de parceiros externos na sua validação, na sua expansão e no seu aprimoramento. O grupo também tem a intenção colaborar com grupos de *software* CFD livre. Por meio dos professores vinculados, o grupo atua em formação acadêmica, seja na ministração de disciplinas em níveis de graduação, pós-graduação e especialização, seja pela orientação de iniciação científica, mestrado ou doutorado. Em disciplinas, tem-se dado ênfase à construção colaborativa de conhecimento. Uma característica dessa última forma de atuação é a possibilidade de individualização da

aprendizagem, tanto no sentido da "educação centrada no aprendiz" (Rogers) quanto no sentido do "construtivismo" (Piaget).

A construção colaborativa de conhecimento científico tem-se dado basicamente nas formas: a) dissertativa, referente a modelos físico-matemáticos, a métodos numérico-computacionais, à aplicação desses métodos, a procedimentos e análises experimentais, a estudos de casos, a métodos de projeto e sua aplicação; b) cálculos numéricos; c) ensaios experimentais; e d) desenvolvimento, implantação, aplicação e validação de *software*.

Para tanto, ambientes físico e computacional adequados devem ser configurados e implementados.

No ambiente físico local deve haver: a) certo resguardo do grupo de pesquisa com relação ao ambiente externo; b) provimento, em níveis usuais, da segurança, da privacidade e do conforto; c) possibilidade de trabalho individual de cada pesquisador em diferentes máquinas, não ficando determinado *hardware* vinculado a determinado pesquisador; d) favorecimento da interatividade entre os membros do grupo, sem prejuízo da possibilidade de condução individual de certos trabalhos; e) acesso a material bibliográfico de utilização frequente, na forma física ou informatizada; f) possibilidade de realização de cursos com pequenas turmas; g) possibilidade de realização de reuniões de pequenos grupos; eventualmente tal recurso e o anterior podem ser compartilhados com outros grupos de pesquisa; e h) possibilidade de realização de ensaios experimentais, em ambientes laboratoriais compartilhados com outros grupos de pesquisa, na própria instituição ou em instituições parceiras; os equipamentos e modelos físicos de uso específico do grupo devem ter a possibilidade de serem alojados em espaços com segurança e condições adequadas para garantir sua integridade.

Quanto ao ambiente computacional: a) cada pesquisador deve dispor de um ambiente computacional pessoal, não vinculado a máquinas específicas, com acesso restrito, local ou remoto, destinado exclusivamente à sua atuação na pesquisa, com regras de utilização especificadas por termo de uso; b) O ambiente computacional pessoal de cada pesquisador deve prover o acesso a ferramentas computacionais disponibilizadas pelo laboratório aos seus membros, o uso de quotas individuais de armazenamento, e o acesso à rede externa; a capacidade, a segurança e a confiabilidade dos recursos devem ser adequadas à realização das tarefas da pesquisa; e c) Subgrupos de pesquisadores envolvidos em tarefas comuns devem ter a possibilidade de compartilhamento de ferramentas e de espaços de armazenamento, com regras e instrumentos para racionalização, integração e consolidação de suas contribuições, e com manutenção de histórico de versões.

3. Configuração e implementação do ambiente computacional

A adoção de uma solução computacional para suprir as necessidades de um grupo de pesquisa requer a análise e avaliação de um conjunto extenso de tecnologias e ferramentas de *software* que as implementam. A composição da solução final deve considerar as limitações e conflitos tecnológicos impostos pelas diversas opções, o que exige o correlacionamento dos itens para a identificação dos pontos conflitantes e diminui a possibilidade de escolhas com base nas decisões.

No processo de decisão, além da avaliação das funcionalidades da solução são considerados outros aspectos como o modelo de licenciamento, linguagem de programação, interface de usuário, documentação e atividade da comunidade de desenvolvimento. A lista de considerações tidas como importantes para a etapa de decisão das soluções incluem: 1) adoção, sempre que possível, de FLOSS (free, libre, open source software); 2) segurança; 3) utilização colaborativa e multi-institucional; 4) gerenciamento centralizado de usuário, incluindo: a) controle de acesso lógico estratificado e b) controle de processamento estratificado; 5) gerenciamento e monitoramento do ambiente.

Para a utilização e coordenação dos aspectos tecnológicos implementados, faz-se necessário a existência de documentos formais ou semi-formais que definam como cada item pode ser utilizado, suas iterações e as regras que regem aspectos tecnológicos e de propriedade intelectual. Neste sentido, os seguintes requisitos administrativos foram considerados: a) controle de acesso físico; b) políticas de utilização e termos de uso; c) padronização; d) controle de versão do *software*; e) documentação.

Alguns itens acima são descritos com maior detalhamento nas seções adiante.

3.1. A adoção do conceito FLOSS

Na sigla FLOSS, o termo *free* normalmente se refere à condição do *software* não ser comercializado, estando disponível livre de pagamentos, o termo *libre* se refere à condição do acesso não ser restrito, e a expressão *open source* se refere à condição de o código fonte ser explícito, aberto. Os tipos de licença variam, existindo diferentes graus de permissão de uso e de possibilidades de modificações, incluindo modelos duais onde são utilizados dois modelos de licenciamento para um mesmo código com base no público utilizador [7].

Há prós e contras de se adotar o conceito de *software* aberto; não há como apontar uma tendência universal mais favorável; trata-se mais de uma opção em cada caso. No laboratório em pauta, adota-se, quando possível, o conceito FLOSS.

Veelo (2005 [8]; 2009 [9]) faz uma compilação e avaliação das possibilidades de uso de *software* aberto no campo da engenharia naval. Classes de ferramentas abertas citadas por Veelo incluem: modelagem geométrica, visualização, cálculo numérico fundamental (álgebra), método dos elementos finitos, CFD (*Computer Fluid Dynamics*), GUI (*Graphics User Interface*). São usualmente vistas como vantagens, as seguintes características de *software* aberto:

- Possibilidade de revisões e expansões por usuários que de fato têm interesse no tema (*peer review*).
- Criação de oportunidade de interação com pesquisadores de outras instituições que desenvolvem o tema, para além da construção do próprio *software*, pois essa construção exige um entendimento de base do problema e da forma de encaminhamento da resolução.
- Possibilidade de uso de bibliotecas de blocos de programas de fonte aberta já desenvolvidos e testados, sejam de caráter mais fundamental, como por exemplo, relativos a funções matemáticas, interações gráficas, cálculo de escoamento (*Computer Fluid Dynamics*), etc, sejam de caráter mais específico, relativos à geometria, à dinâmica, etc.
- Oportunidade de se trabalhar nas aplicações de fato, em sua modelagem e análise, onde as intervenções mais individualizadas do grupo de pesquisa se fazem mais marcantes, em contraposição - quando se utiliza *software* fechado - à busca de enquadramento do problema em modelos previamente implantados, sem clareza dos detalhes desta implantação.

Uma reconhecida desvantagem é a perda relativa de domínio sobre a ferramenta desenvolvida, com implicações no auferimento de recursos decorrentes de seu desenvolvimento, se bem que a expectativa de ganhos em nichos de mercado relativamente limitados, como é o caso da engenharia naval e oceânica, pode ser facilmente frustrada.

3.2. Segurança

Segurança (*security*) é um atributo que está associado a perigos, como: a) perda de informação: b) acesso indevido à informação; e c) alteração indesejada da informação, seja por manipulações equivocadas por usuários autorizados, ou por manipulações fraudulentas.

O conceito de risco engloba a probabilidade de ocorrência de algum perigo, com uma medida de importância de suas consequências. Quanto à ocorrência, pode-se considerar os seguintes cenários: a) furto e danos intencionais ao *hardware*; b) falhas de infra-estrutura (rede de potência, rede lógica, *hardware*); c) falhas de *software*, incluindo sistema

operacional e ferramentas (aplicativos); e d) manipulação indevida da informação, seja não intencional ou deliberada.

Quanto às consequências possíveis, pode-se listar: 1) atraso de cronogramas; 2) custo para repor e/ou reparar o *hardware*; 3) custo para recuperar, quando possível, a informação perdida ou alterada; custo de sua eventual perda definitiva; 4) degradação da imagem do grupo; impacto moral e emocional; decorrente prejuízo motivacional; 5) prejuízo na qualidade de conteúdo da pesquisa; 6) prejuízo relativo à divulgação por meio de artigos e participações em eventos; 7) apropriação indevida, por terceiros, de conteúdo intelectual desenvolvido pelo grupo; e 8) acesso indevido a material restrito ou sigiloso, seja pessoal ou institucional, com prejuízos morais e legais.

A avaliação do risco pode ser conduzida de forma qualitativa e quantitativa. O caso qualitativo consiste em levantamento formal de opiniões balizadas em experiência por especialistas. No caso quantitativo, utilizam-se dados acumulados de incidentes, quase-acidentes e acidentes. No estudo de caso objeto do presente trabalho, há as seguintes características:

- Alocação física em prédio público com acesso não controlado, com exceção de fins-de-semana e feriados, quando o acesso é parcialmente controlado.
- Precedentes quanto a acesso indevido e furtos no ambiente físico.
- Rede de potência relativamente estável, em que há conhecimento e divulgação prévios na maior parte das interrupções.
- Rede lógica confiável e estável.
- Informação, consistindo em:
    - Conhecimento colaborativo desenvolvido ou em desenvolvimento pelo grupo de pesquisa, colaboradores associados e alunos: o acesso indevido a esta informação pode ameaçar o direito de autoria, de propriedade intelectual e a imagem; a perda ou corrupção da informação pode implicar em perda do conhecimento em si, para além do mero prejuízo do relato sobre o conhecimento, exigindo retrabalho.
    - Dados pessoais e institucionais: sua perda pode ter prejuízos irrecuperáveis materiais e morais, bem como implicações legais.
    - Implementação de funcionalidades: sua operação indevida, inadvertida ou intencional, pode levar a perdas parciais ou globais de funções.
    - *Software* desenvolvido ou em desenvolvimento pelo grupo: sua perda, acesso indevido ou corrupção englobam as anteriores e leva aos prejuízos já relatados acima; sua

alteração sem coordenação ou controle, no processo de desenvolvimento, pode inviabilizar a própria construção.

A tabela abaixo traz, para o estudo de caso em foco, uma listagem de ocorrências, consequências, avaliação do risco associado e possíveis medidas que influenciam neste risco. A avaliação do risco foi feita com base em avaliação da probabilidade de ocorrência do evento indesejável (baixa, moderada, alta) e em avaliação da extensão da consequência (baixa, moderada, alta).

Ocorrência: Cenários	**Consequências** (de acordo com lista acima)	**Risco**	**Medidas Evitadoras**	**Medidas Mitigadoras**
(a) furto	1 a 8	moderado para alto	controle de acesso físico	replicação remota dos dados / criptografia / *backup*
(b) danos intencionais ao *hardware*	1 a 6	baixo	controle de acesso físico	redundância dos discos / replicação remota dos dados
(c) falhas de rede de potência	1 a 6	baixo	sistema de ininterrupção de energia	
(d) falhas de rede lógica	1; 4 a 6	baixo	gerenciamento e monitoramento da rede lógica	
(e) falhas de hardware	1 a 6	moderado	política de manutenção e monitoramento do *hardware*	espelhamento do disco / replicação remota dos dados / sistema de ininterrupção de energia / *backup*
(f) falhas de *software*	1; 3 a 8	alto	qualidade de *softwares*	controle de acesso lógico estratificado / políticas de utilização e termos de uso
(g) manipulação equivocada de informação	1; 3 a 6	moderado	política de conscientização / políticas de utilização e termos de uso / controle de acesso lógico estratificado	*backup*
(h) manipulação fraudulenta de informação	1; 3 a 8	alto	controle de acesso lógico estratificado, logs de auditoria, políticas de utilização e termos de uso	*backup*

Como medidas de gestão de risco, foram especificamente consideradas medidas evitadoras (que minoram a probabilidade de ocorrência do perigo) e medidas mitigadoras (que minoram a extensão da consequência, uma vez que o perigo tenha se efetivado).

Hardware com discos redundantes: mecanismos de RAID (*redundant array of inexpensive disks*) garantem que os dados nos discos internos do *hardware* sejam organizados para garantir uma maior disponibilidade da informação. No mecanismo de RAID 0; também conhecido como espelhamento; é realizada a réplica de cada bloco de informação para outro disco físico. No mecanismo de RAID 5 é realizado um cálculo de paridade que permite o

acesso aos dados no evento de falha de até 1 disco físico e no mecanismo RAID 6 podem ocorrer falhas em até 2 discos físicos que a informação não será perdida. No cenário proposto utiliza-se a combinação de mecanismos de RAID 1 e RAID 5 para a manutenção das áreas de sistema operacional e área de dados, respectivamente. A implementação do mecanismo de RAID 6 para a área de dados está em fase de avaliação e testes devido ao aumento na quantidade de discos físicos e o aumento da probabilidade de ocorrência de 1 (uma) falha entre eles. Utiliza-se discos internos mais simples e baratos do tipo SATA (*Serial ATA*) com MTBF (*mean time between failures*) menor que discos do tipo SAS (*Serial Attached SCSI*), SCSI (*small computer system interface*) e *Fibre Channel*[10], o que exige um nível de redundância maior para resguardo em caso de falha.

Replicação remota dos dados: o dano decorrente da destruição ou furto do *hardware* estende-se além do valor físico do equipamento e inclui o valor da informação armazenada. Neste cenário, um mecanismo de réplica dos dados faz-se necessário para mitigar os problemas relacionados ao dano ou furto do *hardware*. A disposição destes mecanismos no ambiente não pode limitar-se a área física utilizada pelo *hardware* principal, pois em caso de furto o mecanismo de réplica também seria alvo do ataque. A solução para este problema deve incluir um mecanismo que opere remotamente sobre as informações mantidas no *hardware*. Os processos de réplica remota avaliados incluem sincronismo on-line ou periódico dos dados. Na réplica on-line os blocos de dados são replicados em tempo real para outra área de armazenamento, distante do ambiente do *hardware* principal. Alguns detalhes devem ser considerados no sincronismo em tempo real para garantir que os canais de comunicação fim-a-fim suportem a vazão de dados demandada pelas operações de escrita dos dados, normalmente requisitando a instalação de uma rede de comunicação privada. Na réplica periódica utiliza-se técnicas de diferenciação para que sejam atualizados apenas os dados modificados deste o último processo de sincronismo[11]. Optou-se pela implementação do mecanismo de réplica periódica devido a: a) limitações de *link* e infra-estrutura existentes na universidade e b) a criticidade do ambiente não justifica o investimento necessário para a implementação de um mecanismo de réplica on-line. Após sua implementação, o mecanismo deve ser incluído ao processo de gerenciamento e monitoramento do ambiente para que seja realizado o acompanhamento adequado.

Criptografia: O acesso físico ao *hardware* pode permitir que as informações residentes sejam acessadas por pessoas não autorizadas através da análise das áreas de dados do disco. Para impedir esta ação, deve-se implementar mecanismos de criptografia no sistema de

arquivos que garantam que apenas os detentores da frase secreta tenham acesso aos blocos de dados codificados. Atenção especial deve ser dada ao *software* e mecanismos de criptografia utilizados internamente para assegurar que apenas métodos e opções de criptografia resistentes a ataques sejam escolhidos. Com estes cuidados, a única opção disponível ao atacante é através de mecanismos de força-bruta, pelo qual todas as possíveis combinações são testadas exaustivamente. Uma frase secreta escolhida adequadamente torna o processo de dedução impraticável em um tempo hábil para o uso da informação.

Ininterrupção de energia por *no-break* com *software* de gerenciamento: Cortes e variações no fornecimento de energia podem quebrar a integridade dos dados mantidos no equipamento e fazer com que os dados fiquem inconsistentes, e em alguns casos até irrecuperáveis. Sistemas de bancos de dados, quando não implementados corretamente, podem conter dados incompletos nas tabelas devido a falha na rede elétrica. Como medida evitadora para este problema adotou-se um sistema de *no-break*, que provê a estabilização da rede elétrica e confere uma autonomia básica caso ocorram falhas no fornecimento de energia. Através de um *software* de gerenciamento é possível realizar a operação correta de finalização dos serviços e desligamento do sistema operacional, evitando maiores danos aos dados.

3.3. Utilização colaborativa e uso multi-institucional

Em um grupo de trabalho, há a necessidade de colaboração, iteração e registro do conhecimento ao longo da realização das atividades. Não é difícil encontrar em um grupo, situações onde um conhecimento foi perdido, totalmente ou parcial, por desligamento ou afastamento de seus componentes.

A existência de uma ferramenta centralizada, com uma sintaxe simples, é fundamental para a documentação e arquivamento do conhecimento durante as fases preliminares de trabalho. Em muitos casos, os resultados destes trabalhos são convertidos em publicações ou servem de referência para trabalhos futuros. Dentro de um ambiente acadêmico há requisitos de documentação que são essenciais como a existência de um editor de fórmulas completo e mecanismos de indexação e referência dos conteúdos.

Neste sentido optou-se pelo modelo de *wiki*, onde é utilizado um sistema simples, de fácil edição e com o conjunto de recursos necessários ao projeto. Avaliou-se diversas ferramentas que implementam a tecnologia *wiki*, e entre elas, encontrou-se diversos problemas como a falta de integração com base de dados LDAP, ausência de mecanismos de

controle de acesso estratificado adequados, suporte limitado para sintaxe de fórmulas complexas etc.

No modelo em questão, o acesso a informação é completamente estratificado, o que exige o suporte a recursos avançados nas ferramentas. Dentre as ferramentas, nenhuma delas atendeu completamente a todos os requisitos, por isso, optou-se pela ferramenta que contemplava os itens indispensáveis e adaptou-se os itens restantes.

Para a expressão de fórmulas matemática adotou-a a sintaxe LaTeX por ser um padrão amplamente utilizado e de fácil manuseio. Os mecanismos para o suporte a sintaxe LaTeX foram adicionados a ferramenta *wiki*, incluindo extensões extras para a expansão dos recursos com a utilização de modelos para fórmulas e modificações básicas no código para adequação às necessidades do projeto. Devido as limitações de controle de acesso estratificado encontradas, houve a separação da ferramenta em ramificações direcionadas aos grupos de trabalho. Esta tarefa consistiu na manutenção do núcleo central da ferramenta isolado das ramificações; o que torna o processo de atualização e manutenção do código mais simples; e criou-se ramificações internas, utilizando recursos do sistema operacional e do banco de dados para derivar apenas as necessidades específica de cada ramificação.

Um aspecto importante do uso colaborativo e multi-institucional é a possibilidade de acesso remoto. Através de ferramentas de acesso remoto disponibilizou-se um ambiente de trabalho completo que permite às pessoas autorizadas; a partir de qualquer ambiente que disponibilize uma conexão remota; a experiência de trabalho semelhante a encontrada por um usuário que trabalha utilizando um equipamento existente no laboratório. Para a escolha deste ambiente avaliou-se as seguintes características:

- Fácil utilização.
- *Software* cliente multi plataforma (Windows/Linux/Mac).
- Possibilidade de acesso à interface através de console de texto ou terminal gráfico.
- Baixo consumo de *link* Internet.
- Qualidade de definição do terminal compatível com a atividade exercida.
- Resumo de sessão em caso de desconexão do cliente.
- Controle de acesso.

Para prover estes recursos utilizou-se a tecnologia de *shell* seguro com a exportação de interface gráfica. Com este ambiente todo o tráfego de comunicação ocorre através de um canal de comunicação seguro, onde os dados são criptografados. A exportação da interface gráfica provê recursos adicionais aos usuários, pois remove a limitação existente nas conexão

remotas através de um console de texto convencional. Em uma interface gráfica o usuário tem acesso a todas as ferramentas e configurações idênticas a uma conexão realizada em uma estação de trabalho do laboratório.

É implementado um conjunto de sistemas operacionais em ambiente virtualizado que permitem a recuperação rápida em caso de dano ao ambiente. Desta forma, é possível permitir aos usuários a realização de testes e modificações do sistema operacional, sem comprometer o funcionamento do ambiente ou laboratório. Em um ambiente tradicional, estas permissões são cedidas nas estações de trabalho, e problemas que tornem o sistema operacional indisponível, impedem sua utilização por qualquer outro usuário até o que problema seja resolvido, muitas vezes necessitando a reinstalação do sistema operacional da estação. Com a implementação de um ambiente virtualizado todas as máquinas locais são protegidas, o que garante uma disponibilidade maior dos equipamentos para os usuários, e não impede a realização dos testes, pois há ambientes virtualizados configurados para este fim. Em caso de dano ao sistema virtualizado é possível repor o ambiente em até 10 minutos, o que seria inviável em uma operação com um *hardware* completo.

Através de um portal web, tem-se um ponto comum de acesso às ferramentas e outras capacitações do ambiente computacional. Através desta interface é disponibilizada um conjunto de informações públicas como uma apresentação do grupo de pesquisa, notícias relacionadas às equipes de trabalho, artigos, materiais para referência, etc. Durante a avaliação da ferramenta de CMS (*Content management system*) procurou-se por uma ferramenta capaz de estratificar o acesso as informações utilizando o ambiente de usuários centralizado com a tecnologia LDAP. Em um segundo momento a ferramenta será expandida com a utilização de módulos para a disponibilização das ferramentas desenvolvidas pelo grupo.

3.4. Gerenciamento centralizado de usuário

O gerenciamento de usuários torna-se complexo e trabalhoso a medida que cresce a quantidade de aplicações e ferramentas que demandam recursos de autenticação e autorização. Os usuários têm que memorizar múltiplas senhas para obter acesso ao conjunto de ferramentas e aplicações específicas que fazem parte das suas atividades diárias, que torna o gerenciamento de usuários rapidamente confuso. Algumas tentativas de utilização do mesmo usuário e senha para todos os acessos pode aparentemente resolver o problema, mas restrições de negócio e de aplicações farão com que este sincronismo se quebre facilmente.

Devido ao crescente volume de aplicativos e ferramentas necessárias para cobrir as necessidades diárias do grupo de trabalho, pesquisou-se tecnologias que pudessem eliminar o problema das múltiplas bases de usuários, com a centralização do repositório para o gerenciamento de usuários. Esta tecnologia deveria incorporar recursos de controle centralizado para a aplicação de políticas, gerenciamento dos acessos, integração com diversos sistema operacionais, máquinas virtuais, aplicações web desenvolvidas internamente e externamente, ferramentas de gerenciamento, portal, *wiki*, acesso remoto, etc.

A tecnologia LDAP (*Lightweight Directory Access Protocol*)[12] atendeu as necessidades do grupo de trabalho, pois permitiu a integração dos controles de acesso das ferramentas atuais e futuras. Por ser uma tecnologia bem definida, diversas aplicações suportam ou possuem extensões para o suporte e uso desta integração. Devido a flexibilidade adquirida com a tecnologia, o suporte ao protocolo LDAP tornou-se um requisito na adoção de futuras ferramentas que necessitem de autenticação e controle de acesso estratificado.

Para cada aplicação ou ferramenta disponibilizada modela-se a estrutura de informação no repositório LDAP para fornecer o nível de estratificação necessário para a realização do controle de acesso. A partir desta organização os usuários são incluídos apenas aos grupos e ferramentas aos quais possuem envolvimento. Em um processo de criação de usuário, avaliam-se as necessidades específicas de acesso do usuário (*need-to-know*) e habilita-se apenas os acessos estritamente necessários para a realização de suas funções (*least privilege*). Há a possibilidade de adoção de uma hierarquia para a redistribuição de permissões, de forma que a responsabilidade pelo gerenciamento de permissões seja distribuída entre os coordenadores.

Ferramentas para prover recursos de controle de processamento estratificado estão em processo de pesquisa. Para o cenário proposto onde há a presença de grupos de trabalho utilizando ambientes remotos para a execução de aplicações científicas, existe a necessidade de limitação do consumo dos recursos do *hardware*, pois caso contrário, uma operação ou execução pode comprometer a atividade dos demais grupos devido ao uso completo do processador ou memória típicos de determinadas aplicações científicas.

Todas as atividades e acessos realizados são registradas em arquivos nos níveis necessários para prover uma investigação em caso de incidente.

3.5. Gerenciamento e monitoramento do ambiente

Com o crescimento da quantidade de estações de trabalho, servidores, máquinas virtuais, *softwares* e aplicativos no ambiente, tornam-se impraticáveis o gerenciamento e supervisão de cada componente isolado. Não é possível a realização de ações preventivas neste cenário, pois não existem mecanismos para o acompanhamento e histórico dos componentes.

Formas alternativas e centralizadas devem existir para o monitoramento e gerenciamento do ambiente, que permitam visualizar a saúde dos componentes individuais a partir de um ponto de controle e acesso. A adoção da tecnologia SNMP (*Simple Network Management Protocol*) e respectivos agentes de monitoramento e acesso remoto aos recursos permitiram o monitoramento de todos os pontos cruciais para o funcionamento do ambiente, com o registro histórico destas informações. Com base nos dados coletados é possível detectar padrões de uso dos recursos e realizar ações preventivas. Um componente de notificação envia mensagem de alerta sobre eventos ocorridos no ambientes.

4. Gerenciamento administrativo

Nesta seção são detalhados os aspectos pertinentes ao gerenciamento administrativo do ambiente que fornecer aos coordenadores o nível de controle para a gestão do ambiente computacional.

4.1. Controle de acesso físico

O acesso às áreas que hospedam o *hardware* da infra-estrutura computacional deve ser restrito, sempre que possível, para evitar ações não intencionais e fraudulentas. As restrições se vinculam às políticas de controle; por exemplo, usuários autorizados podem ter acesso mediante chaves, senhas, cartões, biometria, etc; alarmes reforçam a segurança. Outra alternativa seria a alocação do *hardware* em armários trancados. No caso em foco, ainda não há uma área específica para a manutenção dos equipamentos; portanto, medidas de controle de acesso físico foram as indicadas.

4.2. Políticas de utilização e termos de uso

A elaboração de uma política de utilização e termo uso do ambiente tem o objetivo de garantir ao gestor que todos os membros participantes do grupo estejam cientes e de acordo com as regras que regem o acesso, manipulação e desenvolvimento de qualquer informação coberta no âmbito do projeto. Para este fim, o documento deve esclarecer os níveis de atuação e

responsabilidades do participante de forma clara e precisa, muitas vezes com documentos específicos direcionados para a atividade exercida pelo membro. Este processo pode requerer a consulta de especialistas da área de pesquisa ou advogados que devem avaliar se as políticas e termos garantem os direitos do projeto e de seus envolvidos.

O intuito de uma política de utilização e termo de uso não é o de limitar o participante, mas o de assegurar que os interesses do projeto com relação a questões de sigilo, acesso à informação, segurança da informação e direitos autorais e de propriedade intelectual sejam resguardados.

4.3. Padronização

A padronização das atividades do grupo simplifica o acesso e a organização da informação no ambiente. Diversos mecanismos de padronização foram adotados afim de facilitar e organizar as atividades do grupo, incluindo:

Padronização de textos e nomes de páginas na *wiki*: A inclusão de informações em uma ferramenta de *wiki* pode, com o aumento do volume de dados armazenados, tornar o processo de recuperação do conhecimento complexo. Uma página de *wiki* não possui vínculos à outras páginas, o que muitas vezes faz com que trabalhos completos sejam considerados de forma parcial. A padronização em uma *wiki* pode incluir a adoção de um prefixo para as páginas relacionadas, agrupamento de páginas, capitalização de caracteres, *links* que remetam à página principal, *links* de acesso rápido, monitoria de páginas, etc.

Padronização dos repositórios de informação: Deve-se manter a menor quantidade possível de repositórios de informação para não tornar difícil o processo de localização de informações. Alguns exemplos incluem a disponibilização dos arquivos de trabalho dos usuários na pasta "usuários", os arquivos dos diversos grupos de pesquisa na pasta "grupos", os arquivos de desenvolvimento do projeto ABC na pasta "projetos/abc", etc.

Padronização da linguagem e estilo de programação utilizada: Deve-se unificar a linguagem de programação utilizada pelo grupo, adotando-se padrões para a nomeação e declaração de funções e estilos de programação. O processo de integração dos trabalhos dos grupos pode vir a exigir o retrabalho da equipe se não houver uma uniformidade no desenvolvimento. Esta decisão deverá apoiar-se no conhecimento existente, incluindo a linguagem de programação de domínio pelo grupo, facilidade de utilização e recursos disponíveis na linguagem.

4.4. Controle de versão do *software*

O processo de desenvolvimento de *software* quando realizado por um grupo de trabalho contém características que demandam a utilização de ferramentas adequadas. Para coordenar todos os requisitos faz-se necessário a implementação de um *software* de controle de versões, que possui algumas características como:

Trabalho em equipe: Permite que a equipe de trabalho tenha acesso ao mesmo repositório de manutenção do código fonte. Todas as informações são mantidas em um repositório central, facilitando a implementação de políticas de *backup* e controle de acesso.

Controle de acesso ao código-fonte: Permite o controle de acesso estratificado a partes do código fonte com a implementação de listas de controle de acesso e registro em arquivos de log de todas as operações realizadas no repositório.

Bloqueio de operações simultâneas: É utilizado um recurso bloqueio que mantém a consistência dos arquivos armazenados no repositório. Um arquivo aberto para modificação por um membro da equipe não pode ser modificado simultaneamente por outro membro.

Controle do histórico: O recurso de histórico permite a reversão dos arquivos às suas versões anteriores sem comprometer a integridade da informação. Nenhuma informação é definitivamente excluída do sistema, o que permite a visualização histórica a qualquer momento.

Na etapa atual do projeto estão sendo avaliadas e testadas ferramentas de SCM (*Source Configuration Management*) que proverão os recursos acima aos grupos de trabalho e pesquisa.

4.5. Documentação

O processo de documentação de qualquer atividade visa registrar o conhecimento adquirido durante as etapas de evolução do conhecimento. Sem um processo de documentação bem definido, pode-se gerar retrabalho para a reprodução do conhecimento prévio por novos participantes do projeto. O processo de documentação implementado cobre os seguintes aspectos, conforme abaixo:

Documentação das atividades: Cada participante registra a evolução do seu conhecimento através da ferramenta de *wiki*. Os demais participantes do grupo interagem com a evolução do conhecimento realizando modificações, corrigindo materiais, evoluindo com o conhecimento e realizando discussões através da ferramenta. Em um segundo cenário, a ferramenta é utilizada para a organização pessoal do trabalho como um auxiliador no

desenvolvimento de artigos, documentações de ferramentas, manuais de operação e escrita de dissertações.

Documentação do código fonte: A documentação do código fonte de um *software* requer atenção especial para prover a continuidade do projeto, evolução do conhecimento e iteração entre os desenvolvedores. O processo de continuidade e evolução do desenvolvimento será agilizado se o *software* obedecer padrões para o desenvolvimento e documentação do código. Com isto, novos colaboradores podem entender rapidamente o funcionamento das funções, módulos e suas interligações através da leitura da documentação existente. Esta implementação está em processo de avaliação e deve ser integrada em breve ao processo de desenvolvimento de *software*.

5. Considerações finais

O trabalho mostrou um processo de projeto de ambiente computacional para atender demandas de pesquisa e desenvolvimento, bem como de formação acadêmica, o qual tem como principais características o uso, sempre que possível, de sistemas livres (FLOSS) e de colaboração na geração do conhecimento.

Bibliografia

1. M. B. de Conti and V. Domiciano, *Escoamento Potencial devido a Corpos Imersos Profundamente Avançando com Velocidade Constante*, EPUSP, Ed. 2000.
2. V. Domiciano, *Cálculo da Resistência de Ondas através de um Método de Elementos de Contorno*. Escola Politécnica da USP, 2002.
3. V. Domiciano and M. B. de Conti, *Escoamento Potencial devido a Corpos Avançando com Velocidade Constante na Presença de Superfície Livre*, EPUSP, Ed. 2006.
4. M. B. de Conti and R. Beck, "Considerations about B-Spline hull surface representation," 2003.
5. M. B. de Conti and V. Domiciano, "*Software* Poseidon," 2008.
6. V. Domiciano and M. B. de Conti, "*Software* Neptune," 2008.
7. M. Välimäki, "*Dual Licensing in Open Source Software Industry*", *Systemes d´Information et Management*, vol. 8, iss. 1, pp. 63–75, 2003.
8. B. N. Veelo, "*Free Software as an Option for Ship Design*", *Schiffstechnik*, vol. 52, pp. 172–188, 2005.
9. B. N. Veelo, "*The Potential of Free Software for Ship Design*".
10. A. Brinkmann and S. Effert, "*Storage Cluster Architectures*", *Paderborn Center for Parallel Computing*, pp. 113–121, 2008.
11. Tridgell, A., "*Efficient Algorithms for Sorting and Synchronization*", 2000.
12. S. Tuttle, A. Ehlenberger, R. Gorthi, J. Leiserson, R. Macbeth, N. O. S. ad Ranahandola, M. Storrs, and C. Yang, *Understanding LDAP - Design and Implementation*. IBM Redbooks, 2004.

EMBARCAÇÃO DE PEQUENO PORTE CONSTRUÍDO EM MADEIRA NO AMAZONAS: PROPOSTAS DE MELHORIAS

Reinaldo Jose Tonete[1]; Antonio Marcos de Oliveira Siqueira[2]; Nilson Rodrigues Barreiros[3]; Silvana Dacol[4]

Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia – ICET

Av. N. S. do Rosário, 3863 B. Tiradentes, 69100-000 - Itacoatiara, Amazonas, Brasil

[1]rtonete@ufam.edu.br;

[2]antonio.siqueira2000@yahoo.com.br;

[3]nilbarr@ufam.edu.br;

[4]sdacol@ufam.edu.br

Resumo

Na região amazônica, a maior bacia hidrográfica do planeta, e em particular no Estado do Amazonas, a navegação se faz fortemente presente. Em função da necessidade local, encontram-se instaladas na região empresas nacionais da construção naval tanto para pequenas, quanto para grandes embarcações que atendam as necessidades dos povos ribeirinhos nos mais distantes municípios. O objeto de análise deste trabalho é a atual condição da construção naval no Estado, com foco voltado à construção de barcos de até seis metros de comprimentos. Este artigo foi elaborado, observando às necessidades dos povos ribeirinhos, somado com a práxis do autor. Verificou-se que qualidade da mão-de-obra dos carpinteiros navais é indiscutível, cujo ensinamento é passado de pai para filho, mas o estado da técnica para a construção não acompanhou a necessidade dos moradores. Os processos de fabricação existentes aumentam substancialmente o custo final do produto, portanto se faz necessário adotar novas técnicas quer seja de projeto, processo ou equipamento para reduzir o tempo de fabricação. Na avaliação das dificuldades, dos procedimentos, dos processos, da qualidade da mão-de-obra empregada e da organização dos construtores de pequenas embarcações também ficaram evidentes o descaso com a introdução das novas tecnologias.

Palavras- chave. Processos de fabricação, Embarcação de pequeno porte, Navegação interior.

Abstract

In the Amazon region, the biggest hydrographic area in the world, and in special the Amazon State, the navigation is very important. In front of this scene, there are several facilities on the construction naval area either small or big vessel, just to give the “Ribeirinhos´s” the opportunity to move from one to another city. The main idea of this paper is to analyze the real technology applied to small boat construction, this mean boat until 6 meters lengths. This paper was written looking for the ribeirinhos´s need and with author´s experience living with them. There is not shipyard or industries focused on small boats with good production process to add small employee cost, there is not a small boats constructor´s organization, and today, there is not a way to bring them new technology.

Key-words: Fabrication processes, Small boats, interior navigation.

1. Introdução

É conhecida a importância que a navegação teve na aproximação dos povos num passado não muito distante. Sem ela, não seria possível o descobrimento de novas terras, e também não seria possível a disseminação do conhecimento entre continentes. No estado do Amazonas essa importância não é diferente, inserido na maior bacia hidrográfica do planeta, em um labirinto de rios, lagos e igarapés somando uma área de 1,57 milhões de km^2 (IBGE, 2008), seus moradores são dependentes da navegação interior. Os habitantes da região (comumente, chamados de ribeirinhos) fazem destes canais navegáveis, uma via de acesso em busca de seu sustento e para o translado de uma comunidade ou cidade a outra (TONETE, 2008).

Em algumas cidades do interior do Amazonas, as prefeituras usam as embarcações como meio para deslocar as crianças das pequenas comunidades até as escolas de ensino fundamental mais próxima. Nestas cidades as embarcações também são usadas como veículo ambulância quando se trata de transportar enfermos até a sede do município. Daí surge o questionamento: qual o estado da construção naval no Estado do Amazonas? Os estaleiros locais são organizados? Para tentar responder a estas questões, este artigo visa avaliar as dificuldades, os procedimentos, os processos, a qualidade da mão-de-obra empregada e a organização dos construtores de pequenas embarcações no Estado do Amazonas. Finalmente,

este artigo propõe mudanças no comportamento fabril dos estaleiros da região, em prol da qualificação da produção e dos serviços.

2. Fundamentação Teórica

A indústria naval de grande porte é caracterizada por fabricar sob encomenda, com alto valor de contrato. Além da focalização do trinômio preço-qualidade-prazo de entrega, outro fator que contribui para o sucesso neste setor é a grande oferta de financiamento para a produção (BARBOSA, 2004). Já para a construção de pequenas e médias embarcações, produzidas e utilizadas na região amazônica, existem pouquíssimos financiamentos de órgãos governamentais, dados a burocracia e exigência, dificuldades essas que não estimulam os investimentos nesta área.

2.1. A construção naval no Brasil

Segundo a Barbosa (2004) a indústria naval brasileira encontra-se em processo de retomada das atividades, impulsionada por investimentos da PETROBRÁS. Uma nova expansão ocorreu por demanda da PETROBRÁS que lançou, em 2001, o programa de substituição da frota de navios de apoio *offshore*, impondo à construção em estaleiros nacionais, o que pode assegurar uma escala de produção e as condições de competitividade dos estaleiros nacionais. No entanto existem diversos problemas a serem enfrentados, entre eles a falta de mão-de-obra, estimada em 7 mil técnicos, e a necessidade de expansão física e modernização do parque fabril.

Os estaleiros nacionais também estão defasados em relação a estratégias de produção adotadas mundialmente, como a terceirização de parte do processo de fabricação. Mesmo já tendo produzido praticamente todos os tipos de navios, inclusive alguns de maior conteúdo tecnológico, as companhias locais não se especializaram em nichos específicos, como aconteceu com suas concorrentes internacionais. A falta de inovações, principalmente em processos, mantém-se como característica da indústria naval brasileira, o que ajuda a explicar sua baixa produtividade. A questão central relacionada à atualização tecnológica pode ser explicada pela exigência da construção em estaleiros nacionais pelos armadores e capital nacional, o que acaba desobrigando os estaleiros a serem mais eficientes em relação aos

estaleiros internacionais. É de se notar que este fato não ajuda os estaleiros nacionais, uma vez que a competitividade estimula o desenvolvimento de novas técnicas, quer seja de produção bem como projetos, visando redução de custos, redução no tempo de entrega e melhor qualidade.

2.2. Amazonas

O cenário amazônico é totalmente diferente daquele descrito anteriormente para o Brasil e o mundo. As necessidades são outras, as realidades são diferentes. Enquanto continentes se ajustam para serem mais competitivos, a construção naval local é principiante na utilização de novas tecnologias e recursos para fabricação de pequenas embarcações para atender as necessidades regionais. Segundo pesquisa elaborada pela ANTAQ (2003), sobre "Transporte Fluvial de Passageiros na Amazônia" o retrato da construção naval na região é o seguinte:

- O mercado regional é, basicamente, atendido por serviços mistos de cargas e passageiros,
- Cerca de 70% dos passageiros viajam pelo menos uma vez ao ano,
- Aproximadamente 57% das empresas operam no mercado há mais de 10 anos,
- Em torno de 70% das embarcações pesquisadas têm capacidade maior que 100 passageiros,
- Apenas 10% das embarcações têm capacidade acima de 300 passageiros,
- A principal carga transportada; independente da rota são os gêneros alimentícios,
- A capacidade média de carga mistas em todas as linhas é de 147 toneladas,
- Mais de 50% das embarcações foram construídas em pequenos estaleiros,
- O casco de 66% das embarcações pesquisadas é fabricado em madeira e 26,4% são fabricadas em aço e apenas 7,6% das embarcações utilizam alumínio ou fibra de vidro,
- Quase 95% da frota foram adquirida com recursos próprios,
- A idade média das embarcações pesquisadas é de 14,6 anos. Sendo que mais de 50% da frota têm até 10 anos de idade;

Um dos resultados da pesquisa apresentada pela ANTAQ (2003), é que o mercado é atendido por serviço misto de carga e passageiro. Apresenta-se um conflito neste tipo de serviço, pois a carga não perecível tem uma tolerância maior do tempo de navegação enquanto que passageiros tendem a chegar o mais rápido possível. Portanto a definição do tipo de embarcação é importante para o armador.

Qual é o melhor desenho para um casco? A resposta, naturalmente não é simples. O máximo que se pode fazer é identificar um casco que atenda as expectativas do armador relacionado ao tipo uso. A tentativa de balancear velocidade com economia de combustível, conforto ao navegar e ainda ter um custo baixo de construção não é uma tarefa fácil de realizar (MARSHALL, 2002).

Existem duas classes fundamentais de embarcação na região. Uma que atende os municípios, partindo da capital Manaus, fazendo a ligação entre duas ou mais cidades do interior do estado, ou partindo de cidades do interior ligando a outras cidades. São embarcações de médio porte vista na figura 1 que navegam até 5 dias para alcançarem seus destinos.



Figura 1 - Embarcação de passageiros e cargas
FONTE: Tonete, 2008

A outra classe é das embarcações de pequeno porte que são os cascos, canoas e as voadeiras assim denominadas pelos ribeirinhos, utilizadas por eles e pelos moradores das cidades do interior, cujo objetivo é as viagens curtas bem como para caça e pesca. O casco é a de fabricação mais simples, construída em madeira de corpo único, ou seja, de um único tronco de arvore conforme pode ser observado na figura 2.



Figura 2 - Casco produzido de apenas um tronco de árvore.
FONTE: Tonete, 2008

A Canoa é construída com 3 tábuas e a "Voadeira", com característica de navegar mais rapidamente, suportam motorização, e são fabricadas em madeira ou alumínio, sendo o aço neste caso não aconselhável em função do peso e a baixa resistência a corrosão. O Casco e Canoa de 3 tábuas são construídos pelos próprios usuários, ou seja, pelos ribeirinhos, ao passo que as voadeiras são mais elaboradas e normalmente são construídas nas sedes dos municípios, por apresentarem maior grau de dificuldade e necessitarem de ferramentas mais específicas.

Um forte agravante na utilização do casco é a instabilidade durante a navegação. Dado a geometria do casco, ou seja, fundo arredondado apresenta instabilidade quando em movimento, e podem provocar naufrágios se os condutores não possuírem boa pratica para a navegação. As ondas provocadas por outras embarcações de maior porte, bem como as marolas provocadas por ventos na região são motivo de preocupação dos ocupantes dos cascos e canoas ainda que esta última embarcação apresente resultado melhor. As figuras 3 e 4 mostram o pequeno poder de flutuação dos cascos e canoas



Figura 3 – Casco em primeiro plano
FONTE: Tonete, 2008



Figura 4 - Canoa de 3 tábuas
FONTE: Tonete, 2008

Todavia, existem outras duas possibilidades de construção para se obter embarcações de pequeno porte, mais segura que as descritas anteriormente. A primeira delas é a construção de voadeiras de madeira. Esta construção tem um desenho mais elaborado, geometria que permite navegabilidade mais segura se comparados aos cascos e canoas, mas são pesadas para o manuseio e navegação por remos.

A segunda opção de construção de uma voadeira é a fabricação em alumínio, com grandes vantagens sobre as demais, por possuírem notável poder de flutuação cuja função é diretamente proporcional ao peso. Enquanto as voadeiras fabricadas em madeira têm peso muito próximo dos 350 quilogramas, uma embarcação de alumínio com as mesmas dimensões têm peso em torno de 100 quilogramas. Esta diferença de peso é transformada em capacidade de carga, facilidade de manuseio, redução do tempo de viagem e redução em consumo de combustível quando for motorizada.

3. Os Processos de Fabricação no Amazonas

3.1. Casco

O casco geralmente é fabricado a partir de um único tronco de árvore. Embora na floresta amazônica pode-se encontrar tronco de avantajadas dimensões, usa-se tronco com até 4metros de comprimento, e diâmetro em torno de 0,60 metros face ao difícil manejo. O principio de fabricação é o mais simples conhecido, utilizando-se de técnicas realmente antigas. Consiste em queimar de forma controlada uma região do tronco, provocando um fosso, a fim de gerar o compartimento do usuário. A popa e a proa do casco são trabalhadas com machado no inicio da operação e depois com enxó (ferramenta parecida com pequena

enxada de jardim), para permitir a forma final. Depois da queima e com ajuda de um machado ou enxó dá-se inicio a redução na espessura da parede, reduzindo seu peso e aumentando o espaço para os usuários. Depois de se conseguir a espessura adequada, o casco é embebido em óleo e exposto ao sol cujo objetivo é provocar maior maleabilidade na madeira, ou seja, torná-la mais deformável e com auxilio de esticador, produzir uma abertura maior das laterais do casco. Esta operação deve ser lenta, gradativa e repetida por varias vezes até que se consiga a abertura desejável, porém tomando o cuidado para não provocar ruptura das paredes.

A espécie Itaúba, *Mezilaurus itaúba*, e a madeira mais comumente usada para pequenas e grandes embarcações apesar de seu preço ser quase proibitivo nos grandes centros, tem seu ponto forte na resistência à ação de fungos.

De moderada usinabilidade, e maleabilidade, pode-se dar forma a madeira, aplicando-se calor. Embora apresente excelentes características quanto à resistência mecânica e química, tem um forte agravante que é seu peso (massa específica em torno de 800 kg/cm^3), reduzindo seu poder de flutuação e resposta lenta as ondas e marolas.

3.2. Canoas

Partindo da matéria prima que são as tábuas comumente de Itaúba; aplainadas ou não, faz-se uma embarcação deste tipo com relativa facilidade e tempo de construção menor se comparada ao tempo necessário para construção de um casco. A utilização de ferramentas como serrote e martelo é muito comum no interior do estado, portanto não apresenta problemas para o construtor ribeirinho.

O processo consiste em cortar a tábua que será o fundo da embarcação na forma desejada, conforme figura 5.

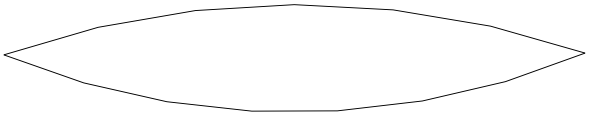


Figura 5 - Geometria do fundo da canoa
FONTE: Tonete, 2008

Em seguida são acrescentadas as duas laterais, e fixados com pregos, tanto no fundo como nas duas extremidades das tabuas conforme figura 6.

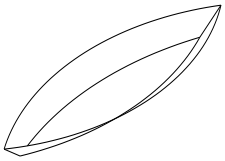


Figura 6 - Laterais acrescentadas ao fundo da canoa.
FONTE: Tonete, 2008

A figura 7 mostra a colocação dos bancos nos extremos e o banco central.

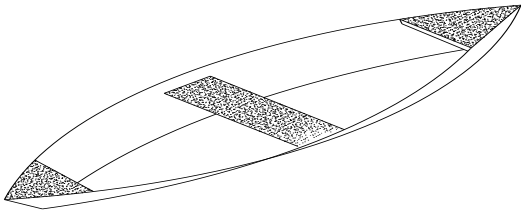


Figura 7 - Montagem dos bancos
FONTE: Tonete, 2008

No entanto, quanto à navegação, esta embarcação ainda apresenta instabilidade, e é de pouca flutuação, tem pouca capacidade de carga em relação ao tamanho. Em geral, embarcações deste tipo são pesadas e ainda precisam da calafetação (que é a operação de preencher o vão formado pela junção das tábuas para evitar a infiltração de água).

3.3. Voadeiras

3.3.1. Madeira

A construção do casco não necessita de máquina-operatriz, tais como serra circular, plainas, desengrosso, tupia e outras, mas para a construção das voadeiras são importantes. As tábuas usadas na construção precisam ser recortadas, aplainadas e outras operações inerentes na utilização da madeira. As cavernas (estruturas de sustentação das tábuas), também requerem máquina-ferramenta especial, como serra de fita ou tupia.

O ribeirinho não tem estes equipamentos, portanto essas embarcações não são fabricadas pelos próprios ribeirinhos e sim por construtores sediados na sede do município, embora tecnicamente pode se fabricar uma voadeira com ferramentas manuais e não elétricas, mas o dispêndio de tempo é proibitivo e normalmente não é realizado. O ponto de partida para a construção de uma voadeira em madeira são duas dimensões que é a especificação do cliente, são elas; o comprimento total e a boca, que é a maior largura da embarcação. Nenhuma outra dimensão é requerida pelos atuais estaleiros.

O construtor, de posse destas dimensões dá início a construção, cujo design não se observa em nenhum local, e somente existe na capacidade imaginativa do construtor. As linhas de contorno da embarcação são dadas por acaso. A geometria final também é casualidade, ou seja, ninguém sabe realmente como a embarcação será após finalizada.

Esta afirmação é função das condições de fabricação disposta pelo construtor. Não há nenhum dispositivo de fixação, não há nenhum controle de espessuras das tabuas, não há estrutura para se moldar as tábuas que farão parte da embarcação. Em suma, não existem duas embarcações iguais. São parecidas, mas não com bom grau de igualdade. O autor deste artigo encomendou quatro voadeiras de um mesmo construtor e as diferenças geométricas e dimensionais encontradas foram relevantes, assim como o desempenho durante a navegação.

A particularidade é que em nenhum momento houve preocupação do fabricante em processar algum controle dimensional. A construção destas voadeiras foi acompanhada pelo encomendante, porém não houve em nenhum momento interferência no processo de fabricação. As partes do produto em construção são conseguidas após varias tentativas de ajustes. Todas as cavernas são fabricadas pelo processo de tentativa e erro, todas as tábuas do costado são preparadas da mesma forma, ou seja, a construção de uma peça é artística e única.

Pesquisa realizada junto aos usuários de pequena embarcação constatou que não existem duas embarcações construídas em madeira com as mesmas dimensões. O quadro 1 apresenta as diferenças verificadas.

Boca (cm)	Qtide	Largura	Qtide	Borda	Qtide	Comp.(m)
0-80	0	0-50	12	0-50	14	0-6
81-100	2	51-60	6	51-60	5	6,1-7
101-150	22	61-70	6	61-70	6	7,1-8
151-200	5	71-80	4	71-80	1	8,1-9
201-250	2	81-90	2	81-90	8	9,1-10
251 ou mais	2	100-150	2	100-150	3	10,1-11

Quadro 1 – dimensão das embarcações dos pescadores entrevistados
FONTE: Tonete, 2008

É interessante notar que as embarcações, são formadas pela combinação das dimensões apontadas nas colunas acima, e as colunas são formadas por grupos de dimensões,

portanto é pequena a possibilidade de se encontrar duas embarcações com igual dimensão. Esta diferença obriga aos estaleiros a produção artesanal e impossibilita a idéia de construção seriada ainda que seja em pequenos lotes de fabricação. O processo artesanal provoca um aumento nos tempos de fabricação e como resultado um forte incremento no custo final do produto. Outra pesquisa realizada agora junto aos construtores observou-se um grande desperdício de matéria prima, conforme pode ser visto nas figuras 8 e 9.



Figura 8 – Desperdício de matéria prima
FONTE: Tonete, 2008



Figura 9 – Desperdício de matéria prima
FONTE: Tonete, 2008

O baixo nível de aproveitamento da madeira, também motivado pela falta de padronização das dimensões, é outro elemento que contribui para o alto custo final do produto.

3.3.2. Alumínio Naval

Embora a matéria prima alumínio seja totalmente diferente da madeira, a forma e os meios para a construção, não são diferentes. O que difere e em muito, são os equipamentos necessários a construção. A calafetação não se faz presente, visto que a união das chapas de alumínio é por processo de soldagem que exigem bons conhecimentos da matéria prima bem, como do equipamento que será utilizado no processo.

O treinamento do operador terá grande interferência no resultado final, portanto, cuidado especial deve-se tomar neste item. Solda com penetração errônea pode levar a fragilização da junção, provocando trincas na região da solda após um período de uso da embarcação, porém se for superficial poderá provocar a quebra da solda por falta de resistência mecânica.

Os equipamentos essenciais na fabricação de voadeiras construídas em alumínio naval são: a) Máquina de solda de preferência tipo MIG que apresenta boa produtividade, ou TIG se desejar melhor acabamento da solda; b) Máquina de frisagem para chapas com espessura menor ou igual a 2 mm; c) Ferramentas de corte como guilhotina, serra circular manual e de mesa, serra tico-tico; d) Lixadeiras; e) Prensas dobradeiras.

A fabricação e montagem das cavernas são únicas, e é preparada ajustando-a na região onde se deseja até que esteja perfeitamente assentada no costado. Esta operação é complexa se admitirmos que a região onde é posicionada a caverna não é plana em nenhum eixo. É fácil de observar que a mão de obra aplicada neste processo é muito maior que o realmente necessário.

Em síntese, os processos de fabricação das pequenas embarcações construídas, são artesanais, sem cuidado técnico, sem design, sem aproveitamento da área útil que seria possível com a mesma quantidade de matéria prima, porem com design melhor elaborado.

A construção de bens com forma pré-definida é de domínio da Engenharia de Produção, portanto, as dificuldades apontadas podem ser sanadas. A definição de uma nova geometria que amplie a área útil pode e deve ser aplicada.

Através da figura 10, é possível observar que a área útil da voadeira com as cavernas "a" é muito maior que a área da voadeira de caverna "b" isto sem aumentar o uso da matéria prima, pois se deve considerar o *blank* da matéria prima necessária à fabricação da peça e não somente as dimensões finais da peça.

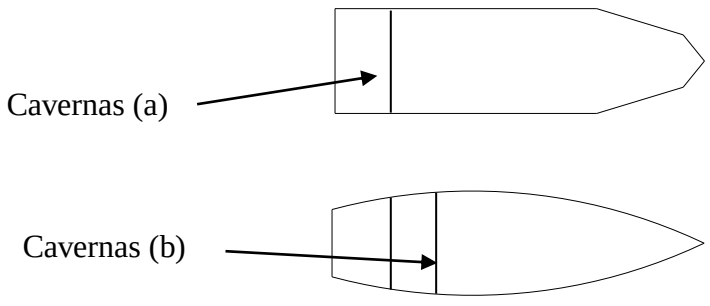


Figura 10 - Diferencial entre as formas geométricas da caverna
FONTE: Tonete ,2008

As cavernas “a” são iguais na maior parte do comprimento da embarcação, já na caverna ”b”, cada caverna tem seu próprio comprimento, aumentando, consideravelmente o tempo de fabricação.

A não utilização de dispositivos de montagem obriga o construtor a pontear (nome dado a pequenas regiões soldados com objetivo de posicionar as partes) as peças que formarão o fundo com as laterais a uma distância, não menor de 30 milímetros de distancia entre os pontos. Ao se considerar o perímetro a ser ponteado, observa-se uma grande quantidade de horas aplicadas no posicionamento das peças com custo alto se considerarmos que os soldadores é a mão de obra mais cara nos estaleiros. A utilização de dispositivos de montagem permite que funcionários treinados pelo próprio estaleiro possam fazer a montagem, não necessitando do soldador para esta etapa da fabricação.

A figura 11 mostra um dispositivo de movimentação da embarcação durante o processo de montagem e pode ser utilizado para soldagem quando a construção for de alumínio, que além de reduzir consideravelmente o tempo de fabricação, contribui para o processo de montagem-soldagem, trazendo ao construtor mais conforto durante as operações.

A área de automação de processos industriais também é bastante desenvolvida pela Engenharia de Produção, portanto não apresenta problemas no desenvolvimento de dispositivos que atendam a necessidade do pequeno construtor. O elemento que contribui fortemente com o processo de fabricação artesanal é a falta de padronização das dimensões da embarcação.



Figura 11 - Dispositivo de fabricação que permite rotacionar a embarcação em 360 graus
FONTE: http://www.yachtdesign.com.br/01_portugues/construcao.htm

4. Discussão e Conclusão

Observa-se que nas visitas aos estaleiros da região e entrevistas com os proprietários dos estaleiros e usuários, que há muito por fazer. A começar pela organização dos estaleiros, que conforme mostram as figuras 12 e 13 a limpeza e arrumação devem ser estimuladas, não somente no sentido de oferecer maior segurança aos funcionários como também oferecer aos compradores e visitantes, maior confiabilidade no tocante a qualidade de fabricação, que nos dias atuais também não se faz presente. Não é possível gerar e manter qualidade num ambiente de trabalho desorganizado e inseguro como mostram as fotos das figuras 12 e 13. E também não é possível acreditar que um cliente sinta-se seguro com relação à qualidade gerada neste mesmo ambiente. Neste sentido, portanto é necessário criar nova filosofia de organização fabril.



Figura 12 – Falta de limpeza
FONTE: Tonete, 2008



Figura 13 – Falta de organização
FONTE: Tonete, 2008

Com os processos utilizados nos dias atuais e que foram descritos neste trabalho, também não se pode admitir que custos de produção vão ser reduzidos em função da redução dos tempos de fabricação, já que tudo é construído de forma puramente artesanal. Para que ocorram alterações no processo é imperativo que os construtores tenham dimensões previamente definidas para embarcações de pequeno porte, permitindo então o uso racional de dispositivos para fabricação.

É perfeitamente possível o desenvolvimento de fabricação das cavernas em laminados de madeira, cuja forma se daria por moldes, com redução sensível no consumo da matéria prima e utilização de madeira não tão nobre como ocorre nos dias atuais.

Não se questiona o melhor desempenho da matéria prima alumínio na construção de voadeiras, mas é interessante destacar, que existem procedimentos que permitem que a madeira seja muito mais competitiva em termos de desempenho, se comparada ao alumínio. O sistema *Strip Plank* é uma boa opção para redução de custos e melhor qualidade de fabricação e do produto final. Não se pode deixar de assinalar a qualidade estética da madeira.

Mudando procedimentos, design e adotando os conhecimentos da produção seriada, o tempo de fabricação desta voadeira, seria consideravelmente menor, levando a uma forte redução nos preços de venda, sem contar com uma sensível melhoria na qualidade do produto final.

Referências

ANTAQ (2003). Disponível em <www.antaq.gov.br/novositeANTAQ/pdf/palestra/47-antaq-trans2003-palestra.pdf> Acesso em 29 de maio 2009.

BARBOSA, Tiudorico Leite. O atual cenário da construção naval civil e militar no mundo, incluindo o subcenário brasileiro 2004. Disponível em <https://www.emgepron.mar.mil.br/artigos/cenario_construcao_naval.pdf> Acesso em 24 de Julho de 2009

FREITAS, Paulo de Tarso Rolim. Cenário Mundial- Apresentação BNDES, 2003. Disponível em<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/seminario/naval_1.pdf> Acesso em 15 de Janeiro 2009.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008) Disponível em <*http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=am*> Acesso em 25/06/2009.

IPT. Instituto de Pesquisa Tecnológicas 1989. Disponível em <http://www.ipt.br/areas/ctfloresta/Impd/madeiras/consulta/?madeira=39> Acesso em 12 de agosto de 2008.

MARSHALL, Roger. All Power Boat, MacGraw Hill, 2002, 150 pags.

TONETE, Reinaldo Jose. Análise do Sistema de Produção para Embarcação de Pequeno Porte Construído em Madeira na Cidade de Itacoatiara/AM. Dissertação de Mestrado, Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2008.

CAUSAS DO TRINCAMENTO DE UMA CAMISA METÁLICA DE BRONZE DO EIXO DE PROPULSÃO DE NAVIO E SUAS CONSEQÜÊNCIAS NO MATERIAL DO EIXO PROPULSOR

Fernando Elias Silvestre Abdalla, M.Sc.
Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro
E-mail: abdalla@amrj.mar.mil.br

Luiz Henrique de Almeida, D.Sc.
Universidade Federal do Rio de Janeiro
E-mail: lha@metalmat.ufrj.br

Angelo Fernando Padilha, Dr.-Ing
Universidade de São Paulo
E-mail: padilha@usp.br

RESUMO

Este trabalho descreve as condições da falha de uma camisa de bronze de um eixo de propulsão de um navio de grande porte. Esta camisa opera envolvida por taliscas de polímero termofixo e entre elas flui água do mar em contato com o bronze. Durante as provas de cais e de mar, após etapa programada de manutenção, foi observado barulho anormal na linha de eixo de BE. Como consequencia o navio foi docado e o eixo em questão foi retirado para inspeção. Na análise visual constatou-se a presença de fendas na camisa de bronze e uma seção do mesmo destacada do eixo. Ao mesmo tempo foi observado depósitos de bronze na superfície das taliscas e evidências de superaquecimento. As fendas observadas no eixo propiciaram a penetração da água do mar na interface bronze/aço formando uma pilha galvânica dando início ao processo corrosivo do eixo que ao longo do processo formaram sulcos de até 4mm de profundidade. Foram retiradas amostras para análise química, análise metalográfica e ensaios de tração. A causa atribuída para a falha mecânica do eixo está associada à trepidação excessiva ocorrida durante a operação de reversão causando falha de refrigeração. O atrito entre a camisa e a parte superior da talisca levou a um superaquecimento combinado co esforço mecânico. A liga de bronze em questão possui uma fusão insipiente de apenas 315ºC devido a elevada concentração de chumbo e a grande quantidade de partículas desse elemento distribuídas nos contornos de grão favorecendo a nucleação e a propagação de trincas intergranulares.

Palavras-chave: Corrosão Galvânica, Ligas de Bronze, Aço ligado, Eixo propulsor.

ABSTRACT

This work describes the conditions of the failure of a bronze jacket of a shaft of propulsion of a ship of great transport. This jacket operates involved for stave of polymer thermorigid and between them water of the sea in contact with bronze flows. During the tests of wharf and sea, stage after programmed of maintenance, was observed abnormal racket in the line shaft BE. As a consequence the ship was docked and the line shaft in question was removed for inspection. In the visual analysis it was evidenced presence of cracks in the bronze jacket and a section of the same detached of the shaft. At the same time it was observed bronze deposits in the surface of the stave and evidences of overheating. The cracks observed in the shaft had propitiated the penetration of the water of the sea in the interface bronze/steel having formed a galvanic cell initiating the corrosion process of the shaft along which the process of grooves formed by 4mm deep. Samples for chemical analysis, metallography analysis and tensile tests had been removed. The cause attributed for the failure mechanics of the shaft is associated with the occured extreme trepidation during the operation of reversion causing loss of cooling failure. The friction between the jacket and the top brass of the stave has led to overheating combined with mechanical stress. The bronze alloy in question with incipient fusion has only 315 º C and due to the amount of lead particles dispersed in the form of grain, was the fusion of these particles, causing the emergence and cracks propagation.

Keywords: galvanic corrosion, bronze alloys, alloy steel, propeller shaft

1 - INTRODUÇÃO

Durante o ciclo operativo de um navio, uma série de reparos é planejada de forma a mantê-lo em condições seguras por toda sua vida útil.

Após cada reparo, é realizado uma série de testes dos diversos sistemas do navio. Esses testes visam garantir que o meio naval volte a operar de forma segura e são divididos em diversas etapas, sendo as mais importantes as chamadas prova de cais, onde o navio fica atracado no cais e todos os sistemas são colocados em funcionamento sem movimentação do meio, e a prova de mar. Este último é o teste final do navio, onde os sistemas, além de serem colocados em funcionamento, simulam a operação real do navio a plena carga. Naturalmente, estes testes são graduais e demandam tempo de teste.

Durante a prova de cais do navio, como parte dos testes programados, foi necessária a reversão do eixo propulsor de boreste (BE). No momento da reversão, observou-se uma grande vibração durante alguns segundos e, aparentemente, não houve danos ao navio. Os testes prosseguiram e após 07 meses, o navio estava pronto para iniciar a prova de mar.

Na primeira saída do navio para a prova de mar, foi observado um barulho anormal na linha de eixo de BE. Foi realizada inspeção com mergulhadores e nada foi observado. Com isso, foi programada a segunda saída do navio e durante este deslocamento o barulho persistiu. Como se tratava de navio de grande porte e a linha de eixo fazer parte de um sistema vital do navio optou-se por docá-lo.

Após a docagem, foi retirada a seção da linha de eixo que apresentava o barulho. Esta seção possui 20 metros de comprimento, 680 mm de diâmetro externo e 605 mm de diâmetro interno e peso de 22 toneladas. Ainda no fundo do dique, conforme ilustra a Figura 1, foi observado que a camisa de bronze apresentava fissuras que estavam distribuídas pelo segmento de 3 metros, praticamente em todas as direções e se apresentavam preenchidas com depósitos, evidenciando não se tratar de fissura recente.



Figura 1: Fotografia da camisa de bronze e numerosas fissuras.

2 - DESCRIÇÃO DA FALHA

Foi observado que numa região houve destacamento da camisa, conforme ilustram a Figura 2 apresentada em seguida.



Figura 2: Detalhe da camisa do eixo trincada mostrando uma região em que houve destacamento de parte da camisa e numerosas trincas secundárias e produtos de corrosão na parede do eixo de aço.

A Figura 3 mostra o trecho responsável pela causa principal do barulho que a linha de eixo apresentava. Esta seção estava solta e foi retirada facilmente com auxílio de algumas ferramentas

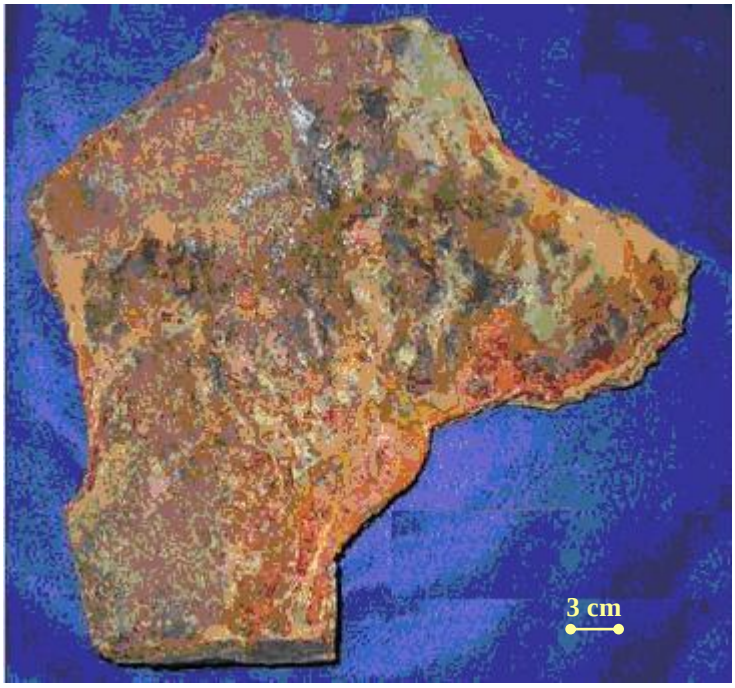


Figura 3: Segmento responsável pelo barulho na linha de eixo, mostrando na face junto ao eixo produtos de corrosão.

3 - RETIRADA DE AMOSTRAS PARA CARACTERIZAÇÃO DA LIGA DE BRONZE UNS C92600

O segmento que sofreu destacamento foi retirado e, posteriormente, seccionado para obtenção de duas amostras para observação microestrutural, uma no sentido radial e outra no sentido transversal, e 4 corpos de prova para ensaio de tração nas orientações marcadas conforme ilustra a Figura 4.

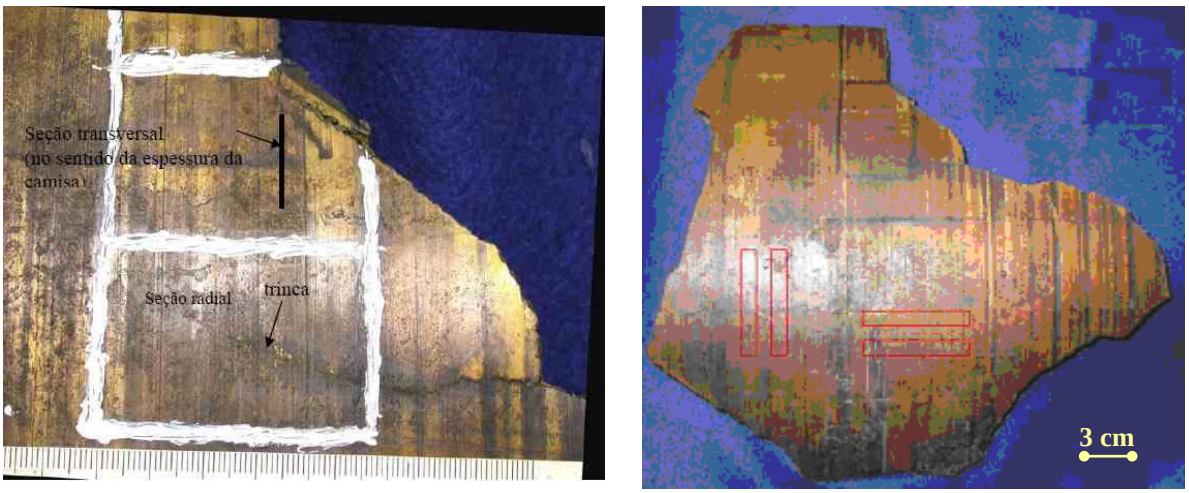


Figura 4: Detalhe do segmento retirado para análise indicando a posição da retirada dos corpos de prova para metalografia e ensaio de tração.

4 - ANÁLISE QUÍMICA DO MATERIAL DA CAMISA

A análise química foi realizada nos laboratórios do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro e o resultado da presente liga corresponde à liga de Bronze C92600 como pode ser evidenciada nas tabelas 1 e 2, apresentadas em seguida.

Tabela 1: Composição Química da amostra (% em peso)

Elementos	Resultado da amostra em %
Cobre	84,4
Chumbo	1,25
Ferro	0,0016
Estanho	13,4
Zinco	0,58
Fósforo	0,01
Alumínio	Traços

Tabela 2: Composição Química da liga C 92600 (% em peso)

Elementos	Resultado da amostra em %
Cobre	87
Chumbo	1,2
Estanho	10
Zinco	2

Fonte: ASTM B584

5 - ANÁLISE MICROESTRUTURAL

As imagens a seguir apresentam as micrografias após polimento e ataque metalográfico com sulfeto férrico.

5.1 Microscopia ótica - Seção Radial:

Essa região corresponde à parte mais externa da camisa e, dessa forma, como conseqüência do processo de fabricação por centrifugação apresenta um teor de Pb mais elevado. Essa concentração de Pb diminui na medida em que se aproxima do diâmetro interno da peça.

As Figuras 5, 6, 7, 8 e 9 apresentam microestrutura da seção radial mostrando grãos da liga monofásica α de CuSn, vazios e partículas grosseiras de Pb nos contornos de grão.

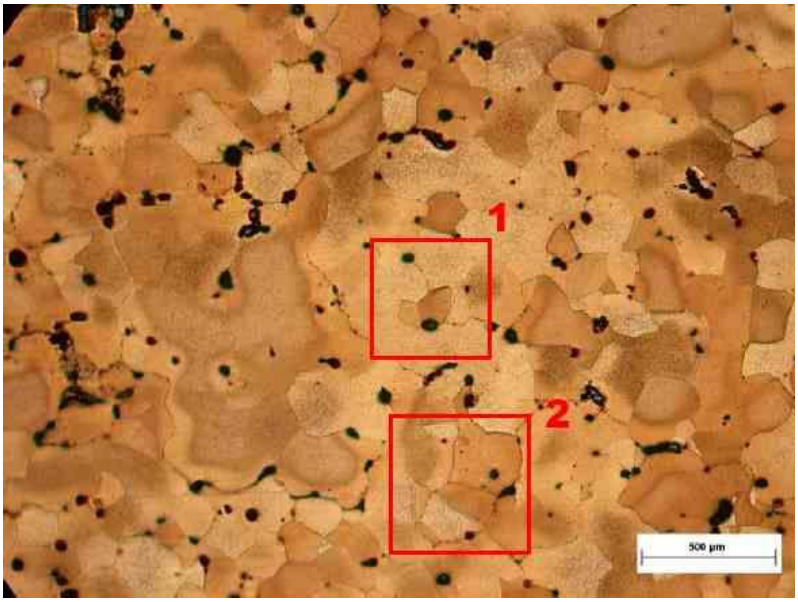


Figura 5: Aspecto geral da microestrutura da seção radial mostrando grãos da liga monofásica α de CuSn, vazios e partículas grosseiras de Pb nos contornos de grão.



Figura 6: Aspecto geral da microestrutura da seção radial mostrando grãos da liga monofásica α de CuSn, vazios e partículas grosseiras de Pb onde podem ser observados também finos precipitados decorando os contornos. Detalhe 1 da figura 5.

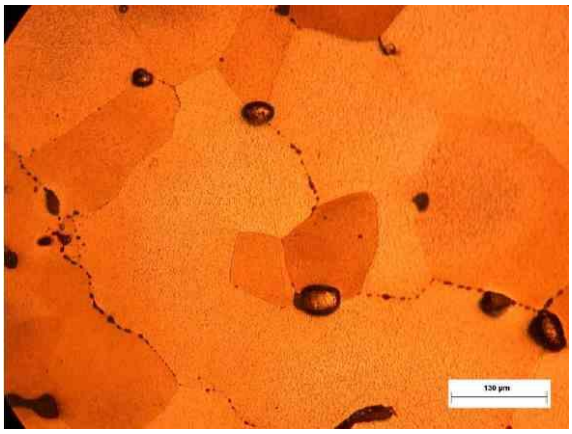


Figura 7: Figura anterior, mostrando finos precipitados observados com um maior aumento decorando os contornos de grão.

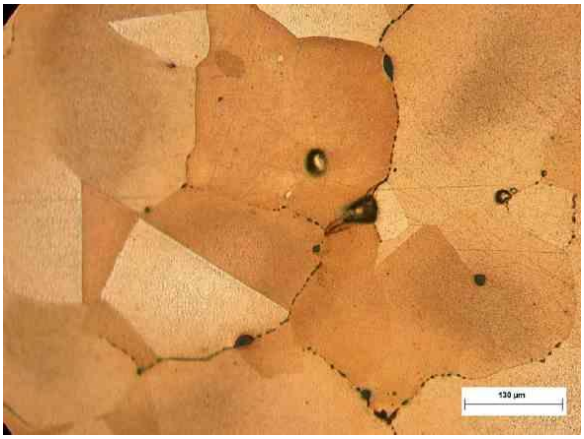


Figura 8: Finos precipitados observados com um maior aumento decorando os contornos de grão. Detalhe 2 da figura 5.



Figura 9: Figura anterior mostrando finos precipitados com aumento maior nos contornos de grão.

As figuras 10, 11, 12, 13, 14 e 15 apresentam um aspecto geral da microestrutura da seção radial junto a região trincada mostrando grãos da liga monofásica α de CuSn, vazios e partículas grosseiras de Pb nos contornos de grão bem como a presença de trincas intergranulares.

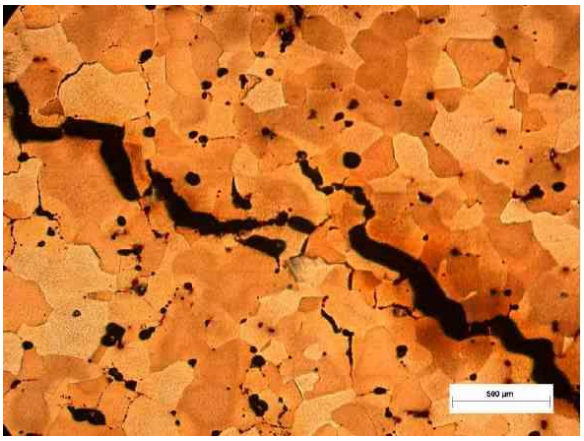


Figura 10: Aspecto geral da microestrutura da seção radial junto a região trincada mostrando grãos da liga monofásica α de CuSn, vazios e partículas grosseiras de Pb nos contornos de grão bem como a presença de trincas intergranulares.



Figura 11: Detalhe da região da figura 10 mostrando com maior aumento a presença de trincas secundárias intergranulares.

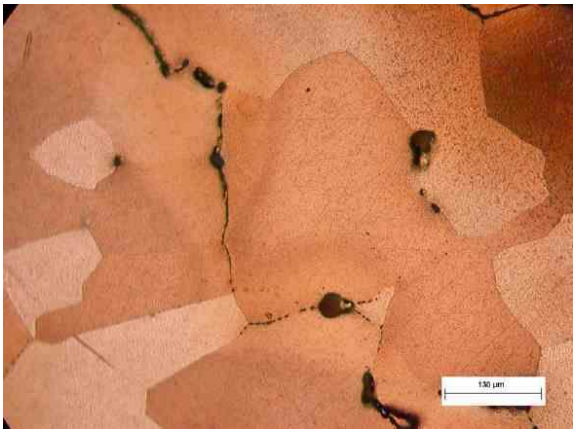


Figura 12: Detalhe de trincas intergranulares acompanhando os finos precipitados nos contornos de grão.

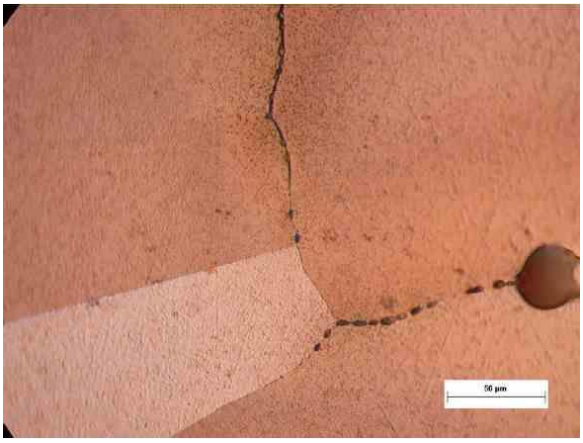


Figura 13: Foto anterior com aumento maior mostrando trincas secundárias percorrendo o contorno decorado por finos precipitados.

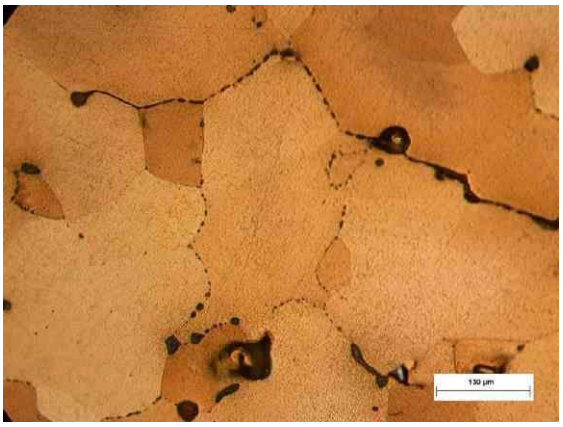


Figura 14: Detalhe de uma trinca secundária intergranular e finos precipitados decorando os contornos de grão.

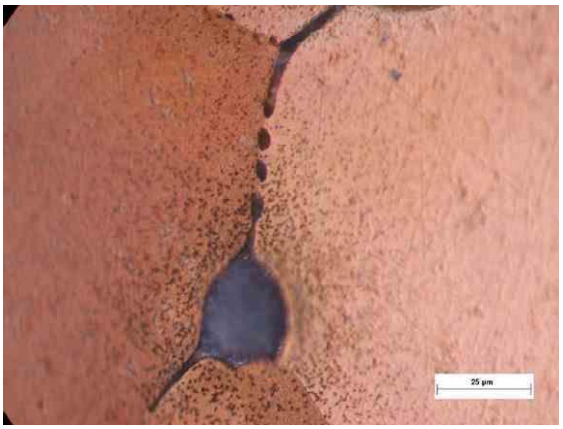


Figura 15: Destaque com precipitados típicos grosseiros e finos ao longo dos contornos de grão.

5.2 - Observação por MEV (elétrons retroespalhados) - Seção transversal.

As figuras 16 e 17 apresentam a microestrutura observada com elétrons retroespalhados, detalhe trinca intergranular e precipitados de chumbo nos contornos de grão (fase clara, maior peso atômico)

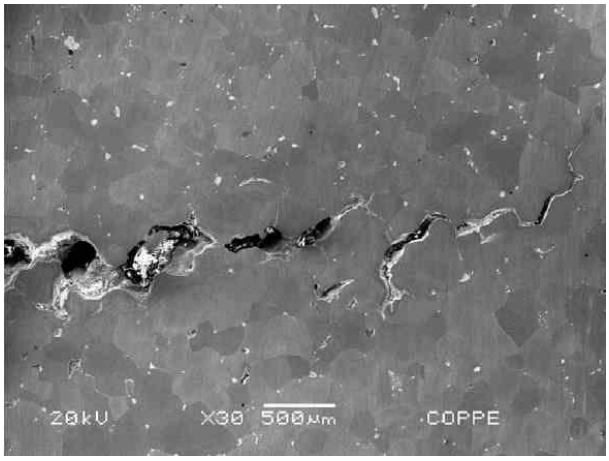


Figura 16: Microestrutura observada com elétrons retroespalhados, detalhe trinca intergranular e precipitados de chumbo nos contornos de grão (fase clara, maior peso atômico)

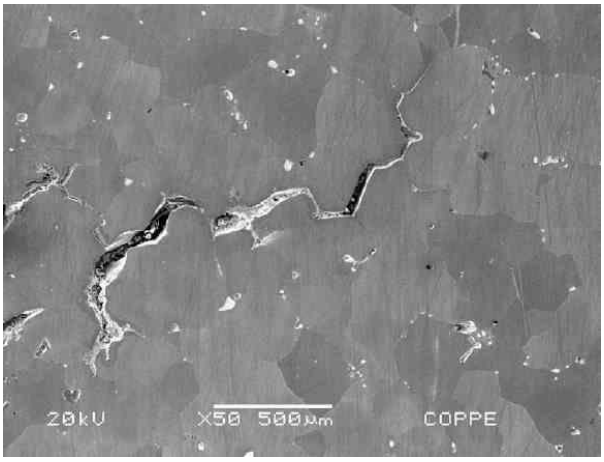


Figura 17: Microestrutura elétrons secundários, detalhe trinca intergranular e precipitados de chumbo nos contornos de grão.

6 - ENSAIOS DE TRAÇÃO

Embora a microestrutura apresente, particularmente na região mais próxima ao diâmetro externo, características microestruturais que poderia causar perdas de propriedades, isso não se refletiu nos resultados de tração. As tabelas 3, 4 e 5 apresentam respectivamente os resultados de tração no sentido transversal e radial e as propriedades de tração esperadas para essa classe de liga.

Tabela 3: Ensaio de tração da amostra no sentido transversal

Corpos de prova	Tensão de escomento (Mpa)	Tensão Máxima (Mpa)	Variação de comprimento (%)
CP1	151,8	318,8	38
CP2	154,8	311,1	34

Tabela 4: Ensaio de tração da amostra no sentido radial

Corpos de prova	Tensão de escomento (Mpa)	Tensão Máxima (Mpa)	Variação de comprimento (%)
CP1	162,5	327,3	37
CP2	157,7	340,8	38

Tabela 5: Propriedades de tração da liga UNS C92600

Corpos de prova	Tensão de escomento (Mpa)	Tensão Máxima (Mpa)	Variação de comprimento (%)
C92600	140	304	30

Fonte: ASTM B584

7 - ANÁLISE DAS TRINCAS OU FISSURAS

A micrografia da Figura 18 evidencia que as fissuras se apresentavam preenchidas com depósitos, evidenciando não se tratar de fissura recente. Embora a quantidade de depósitos não permita uma previsão acurada do tempo de exposição, pode-se afirmar que as trincas ficaram expostas pelo menos por vários meses. A análise elementar (dos elementos químicos metálicos presentes) com dispersão de energia (Figura 19) revelou que os depósitos eram muito ricos em cálcio, provavelmente carbonato de cálcio.

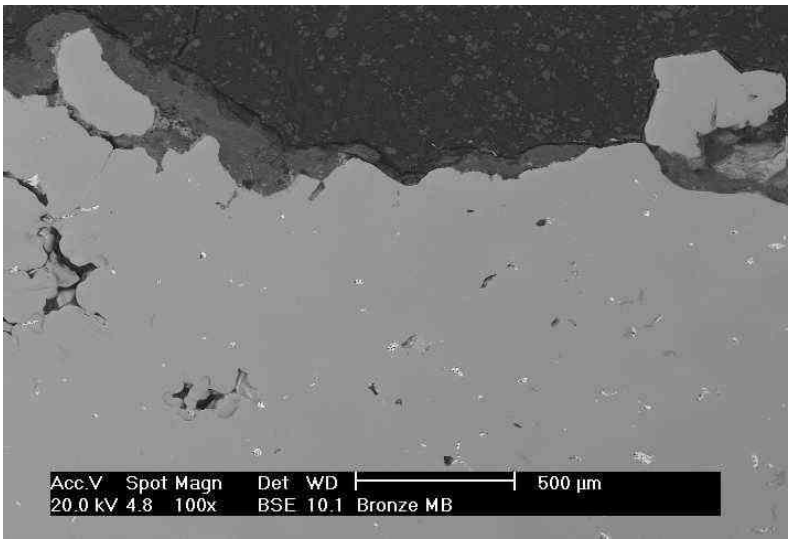


Figura 18: Micrografia da região das trincas ou fissuras mostrando que as mesmas estão preenchidas com depósitos

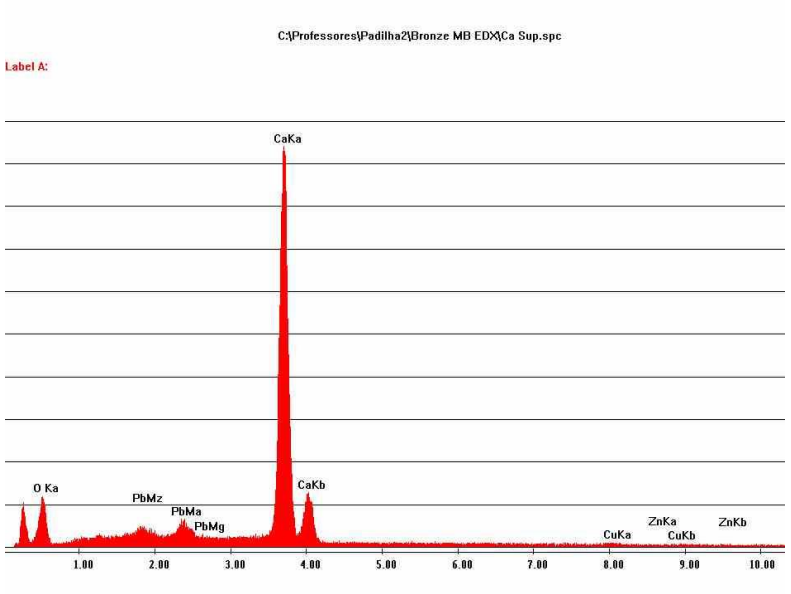


Figura 19: Espectro de dispersão de energia de raios X dos depósitos que preenchem as fissuras.

8 - ANÁLISE DAS TALISCAS POLIMÉRICAS

A camisa opera envolvida por taliscas ou sarrafos de polímero termofixo Entre as taliscas e a camisa de bronze flui água do mar.

As superfícies das taliscas, na face voltada para a camisa de bronze, apresentam evidências de impregnação de material de bronze, proveniente do contato da camisa com a superfície da talisca, de sobre-aquecimento e degradação. As figuras 20 e 21 apresentam a talisca degradada e outra pronta para ser instalada. Observa-se claramente o acentuado nível de degradação.





Figura 20– Fotografia da superfície da talisca





Figura 21: Fotografia da superfície das “taliscas” da região da camisa danificada e a nova pronta para ser instalada

9 - A CORROSÃO NO EIXO E SUAS CONSEQUÊNCIAS

Após a retirada da camisa de bronze da superfície do eixo propulsor, foi observado uma série de veios ao longo dos 03 metros por onde a camisa de bronze fica alojada. Os veios alcançaram a profundidade de até 4 mm.

Isto ocorreu porque com o rompimento da camisa de bronze, as fendas geradas pelas trincas proporcionaram a penetração de água salgada na interface bronze/aço, formando uma pilha galvânica e dando inicio ao processo corrosivo do eixo. Nas figuras 22 e 23 observa-se a vista da camisa com realce das trincas coincidentes com a corrosão do eixo.



Figura 22. Vista do eixo com realce das linhas de corrosão e vista da camisa com realce das trincas coincidentes com a corrosão do eixo.



Figura 23. Vista do eixo com realce das linhas de corrosão e vista da camisa com realce das trincas coincidentes com a corrosão do eixo.

Como conseqüência e por se tratar de um eixo de grande porte, cerca de 20 metros de comprimento com 22 toneladas de peso, a presença da corrosão acarretaria, no mínimo, limitação da rotação do eixo propulsor, com conseqüente perda de desempenho do meio

naval. Como se trata de Navio de grande porte, isso implicaria em restrição operacional. A possibilidade de enchimento com solda dos veios de corrosão foi estudada, porém a região ficaria fragilizada, uma vez que, devido as dimensões do eixo não teria como tratá-lo termicamente pós reparo.

10 - CONCLUSÕES

- Na análise visual da superfície das taliscas poliméricas foram observados depósitos de bronze e evidências de superaquecimento.
- Com o rompimento da camisa de bronze, as fendas geradas pelas trincas proporcionaram a penetração de água salgada na interface bronze/aço, formando uma pilha galvânica e dando inicio ao processo corrosivo do eixo.
- Pela observação do aspecto intergranular das trincas, presença de fissuras, da quantidade de material depositado encontrado e os sulcos de profundidade de até 4 mm observados na superfície do eixo, demonstram que o rompimento da camisa de bronze não havia sido recente.
- Com isso, a possível causa para a falha da camisa de bronze foi que com a reversão da rotação do eixo, houve uma trepidação acentuada causando falha de refrigeração. O atrito entre a camisa de bronze e a parte superior da talisca, levou a um superaquecimento combinado com esforço mecânico. Como a liga de bronze da camisa possui fusão incipiente com apenas 315 ºC, devido à grande quantidade de partículas de chumbo dispersas nos contornos de grão, houve a fusão destas partículas, provocando o surgimento e a propagação das trincas.

11 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] J. R. Davis: Copper and copper alloys, ASM Speciality Handbook®, ASM International, Ohio, USA, 2001.

[2] G. Joseph: Copper, ASM International, Ohio, USA, 1999.

[3] K. Dies: Kupfer und Kupferlegierungen in der Technik, Springer Verlag, Berlin, 1967.

ESTUDO DO ESTILO DE APRENDIZAGEM DO TECNÓLOGO NAVAL E AQUAVIÁRIOS E APLICAÇÃO DO EAD (ensino a distância) NO TREINAMENTO

Autores:-

Professora Rosa Maria Padroni,
- Professora Pleno e Coordenadora do Centro de Estágios da Fatec Jahu,
fone (14) 3624.3140 e (14) 9719.1862,
e-mail:- rosa_fatec@hotmail.com e estagios@fatecjahu.edu.br
Cidade de Jahu – estado de São Paulo - Brasil

Professor Dr. Antonio Eduardo Assis Amorim
- Professor e Diretor da fatec Jahu
Fone:- (14) 3622.8280
e-mail:- diretoria@fatecjahu.edu.br
Cidade de Jahu – estado de São Paulo - Brasil

Professor Dr. Alfredo Colenci Junior
- Professor Doutor da Fatec Indaiatuba e do Mestrado
Fone:- (16) 9793.7275
e-mail:- colencijr@yahoo.com.br

Professora Dra. Ana Teresa Colenci Trevelin
- Professora Doutora da Fatec Taquaritinga
Fone:- (16) 9793.7275
e-mail:- colencijr@yahoo.com.br

Professora Vera Maria Ferro Merlini
- Professora Associada
Fone (14) 3622.8280
Cidade de Jahu – estado de São Paulo - Brasil

RESUMO

A indústria naval ao longo de seu desenvolvimento passou por grandes transformações, exigindo flexibilidade de sua mão de obra especializada e técnica. Isto tudo somado ao incremento tecnológico nos processos de produção, criaram a necessidade de um novo profissional capaz de assimilar mudanças e ainda possuir conhecimentos amplos sobre a área técnica.

Desta forma, o processo de aprendizagem dos alunos, nas faculdades de Tecnologia deve estar focado com estas novas exigências do mercado. Porém, este processo não é único. Em vista disto, é interessante estabelecer uma metodologia que possa avaliar a eficácia deste processo frente às exigências do mercado. Torna-se interessante o estudo de uma metodologia para avaliar as competências dos alunos do curso de Navegação Fluvial, encaminhados para o mercado de trabalho e a aceitação desses profissionais utilizada para

a pesquisa e elaboração da Reestruturação dos Cursos Superiores de Tecnologia Naval da fatec Jahu.

Este trabalho apresenta as ações e mecanismos criados pela Faculdade de Tecnologia de Jahu - FATEC, Coordenadorias de áreas da Navegação, com o intuito de atender as necessidades da mão de obra da indústria naval, habilitando profissionais de nível superior em construção e manutenção de embarcações e oferecendo também o curso de operação e administração de embarcações, somando desta forma competitividade, criatividade e eficiência a fornecedores, estaleiros, armadores e classificadoras.

1.- INTRODUÇÃO

Na gestão estratégica para a competitividade sistêmica, a inovação produtiva reverte-se de importância fundamental, uma vez que representa a possibilidade de se promover, efetivamente, a adição de valor e o positivo diferencial aos negócios, tanto em produtos e serviços quanto nos processos.

A concepção, o desenvolvimento e a introdução efetiva de novas propostas, nascidas de idéias criativas, constituem a chamada:- **inovação produtiva.** Cabe a Fatec Jahu transformar o tecnologicamente novo ao **social e economicamente** produtivo através de suas competências, habilidades e sensibilidades ao perceber as oportunidades oferecidas ou latentes pela tecnologia e pelo mercado. A disciplina da busca de oportunidades, exercida pelo sistemático monitoramento, permitirão explorar os novos espaços oferecidos pela dinâmica da tecnologia e pela dinâmica do mercado.

Não basta ter idéias, assim como não basta construir protótipos ou solicitar patentes. A inovação produtiva vai além, pois significa colocar a idéia em ação para se obter resultados sensíveis.

Nisto se concentra o esforço para se atingir resultados através da competência da inovação.

A vantagem competitiva se estabelece a partir de destacados diferenciais, que devem ser percebidos pelos clientes e interpostos aos concorrentes, ao longo do tempo. Esses diferenciais, que representam vantagens, é o que a Fatec Jahu está desenvolvendo na formação de mão de obra para o mercado naval.

Os diferenciais, portanto, se verificam em outros componentes de gestão: flexibilidade, adaptação, inovação e tempo, complementando os dois primeiros.

A educação hoje é uma prioridade visada em todo o mundo, principalmente na era do capital intelectual, onde o conhecimento torna-se o item de maior importância na corrida pela eficiência e maior competitividade. No Brasil, apesar de ser a educação superior de graduação tecnológica um tema da maior importância para o processo de inclusão social, porque promove o desenvolvimento de competências adequadas às demandas da economia globalizada, pode-se constatar que ainda há muito que se fazer. Torna-se evidente que o conhecimento e o desenvolvimento das competências, como a capacidade de processar informações, a criatividade e a iniciativa, são essenciais para o desenvolvimento e para a modernidade. Este trabalho investiga e analisa a maneira como o ensino tecnológico na formação do tecnólogo naval vem sendo ministrado em função das competências exigidas do profissional, e como o conhecimento dos estilos de aprendizagem dos alunos, ou seja, a maneira como percebem e processam as informações e as coloca no mercado de trabalho do profissional, tornando-o mais eficiente e significativo na sua profissão.

2.- EDUCAÇÃO SUPERIOR TECNOLÓGICA

A modernização dos processos de produção e os novos estágios dos produtos oferecidos, intensivos em tecnologia, deslocou a importância relativa dos fatores de produção nas decisões estratégicas. A mão-de-obra intensiva agora preterida na atividade industrial, dá lugar à tecnologia intensiva e as habilidades de execução de tarefas dá lugar às novas habilidades de aplicação do conhecimento na oferta de soluções social e economicamente produtivas. Surge o profissional da Era do Conhecimento.

De acordo com Matias (2004) com a base técnica de produção migrando, nesta fase, de eletromecânica para microeletrônica, as indústrias tiveram que se adaptar às novas demandas de gestão e de tecnologia, fato que repercutiu diretamente na oferta de novos perfis profissionais. A organização da Educação Profissional, sem a existência de um objetivo claro para se nortear, pela falta de um planejamento estratégico nacional de desenvolvimento, adota mais uma vez medidas pontuais e paliativas.

2.1.- O papel do Tecnólogo

Segundo Colenci Jr. (1999), neste contexto contemporâneo de atuação, consolida-se o TECNÓLOGO, como um importante profissional capaz de desenvolver a competitividade,

pela melhoria da produtividade e da qualidade, sendo este um dos fatores de indução da gestão acadêmica do CEETEPS.

Sendo o Tecnólogo:

- O agente de desenvolvimento do processo de capacitação tecnológica;
- O elemento cuja atuação profissional transformará suas habilidades em soluções frente às necessidades empresariais e sociais, faz-se necessário ampliar a oferta de possibilidades de atuação.

A interdisciplinaridade de sua formação e a multifuncionalidade de seu desempenho o conduzem a um envolvimento contínuo com o processo de investigação, e com a ampliação dos seus conhecimentos, habilidades, aptidões e sensibilidades, não só no âmbito tecnológico como na atuação comunitária, em harmonia com o meio ambiente.

Para que sua formação seja plenamente atingida, torna-se necessário desenvolver no futuro Tecnólogo indispensáveis atributos que o caracterizem posteriormente em seu desempenho, tais como:

- capacidade de reconhecer problemas e solucioná-los;
- adequada base científica balanceada com habilidades específicas;
- conhecimento adequado das ciências físicas e matemáticas;
- capacidade de comunicar suas idéias e de defender seus projetos;
- mentalidade aberta e atitude positiva diante da vida;
- autodidatismo;
- ampla cultura e busca por novos conhecimentos;
- domínio de linguagens computacionais;
- domínio de língua estrangeira;
- capacidade de coordenação de atuação solidária e de bem relacionar-se com outros;
- liderança e empreendedorismo;
- responsabilidade e comprometimento profissional com resultados.

Neste sentido, torna-se indispensável estudar a melhoria dos processos de ensino-aprendizagem.

Os Tecnólogos diplomados pelas FATECs do CEETEPS são profissionais que, pela sua formação direcionada, estão aptos à atuação imediata e qualificada em sua especialidade.

Segundo Trevelin (2007) tecnólogo é o agente capaz de colocar as forças da Natureza e seus recursos a serviço da Sociedade, no atendimento de suas necessidades. Nas

circunstâncias atuais e projetadas, o Tecnólogo é visto como o profissional que busca sistematicamente ampliar seus conhecimentos *(know why e know how),* suas habilidades *(skill)* e suas aptidões *(feeling)*. Não só no âmbito tecnológico, como no humanístico (comunicações e relações humanas), a fim de contribuir para o desenvolvimento holístico da sociedade em harmonia com o ambiente.

Para tanto, vale-se da teorização científica e tecnológica e da concepção e desenvolvimento de produtos, processos, materiais e serviços, objetivando uma aplicação econômica e ética.

A atuação do Tecnólogo pode se estender desde a criação, absorção, domínio, digestão e difusão dos conhecimentos, atingindo o pleno atendimento das necessidades estabelecidas.

Mais ainda, o profissional capaz de oferecer soluções criativas e de participar de equipes habilitadas na concepção e desenvolvimento de soluções.

O Tecnólogo não é um profissional subalterno em sua competência visto que não há limites para o aprendizado e o saber. A interdisciplinaridade em sua formação e a polivalência em sua atuação desobrigam o Tecnólogo de ser o detentor monopolista do saber, na condução do processo de inovação, inserindo-o harmonicamente, dentro do contexto das organizações voltadas à aprendizagem ou *learning organizations*,

2.2.- Tecnologia e Capacitação Tecnológica

Define-se Tecnologia como toda forma de conhecimento organizado, sistematizado e registrado que é desenvolvido a partir de fontes diversas: empírica, científica, técnica, intuitiva, para atendimento de necessidades humanas, já conhecidas ou ainda latentes.

A nova estrutura de formação desse profissional são os laboratórios de pesquisa onde os tecnólogos, engenheiros, os profissionais que geram as soluções exeqüíveis: a tecnologia, cujo valor econômico é bastante elevado, tendo valor de uso e valor de troca. (Estaleiro Modelo e Laboratório de Criatividade)

Capacitação tecnológica é entendida como o processo de criação, absorção, digestão, domínio e difusão do conhecimento, através do pleno atingimento das competências e habilidades necessárias para sua aplicação com resultados.

De acordo com pesquisas de mercado e a demanda de oferta de emprego aos tecnólogos Navais, conclui-se que a metodologia desenvolvidas na formação profissional estão de acordo com as necessidades do mercado naval.

As empresas da área de Navegação vem sendo estudada para que se tenha uma maior compreensão da forma como seus empresários e colaboradores a administram e se

comportam diante dos desafios que lhe são apresentados no dia-a-dia. Por isso é importante entender como o empresário empreendedor das empresas de Navegação e transportes que fazem a gestão dos empreendimentos percebe e processa essas informações que contribuem diretamente para o sucesso do seu negócio, como por exemplo as tecnologias, os sistemas e processos que devem ser implantados.

As parcerias desenvolvidas com as entidades mostram o grau de credibilidade da unidade. Isto decorre do foco que a unidade tem nas necessidades do setor, seja prestando trabalhos de consultoria, seja de formação de profissional qualificado.

No mercado naval ainda falta muita qualificação dos colaboradores e empresários. E essa falta de qualificação é que gera muito retrabalho, desperdício de materiais, finanças e tempo, perdendo mercado para outros países.

Porém, ainda existe deficiência administrativa nos empresários, gerentes. Muitos casos falta estruturas para que tenham sucesso prolongado, fazendo com que a questão da sobrevivência dessas empresas seja fator de grande preocupação para os governos e pesquisadores.

Existe, portanto uma inquietação que está por trás da problemática da sobrevivência dos tecnólogos Navais: os estilos de aprendizagem dos tecnólogos estão relacionados à sobrevivência da atual situação do mercado de trabalho naval? Como adequá-los a esse mercado? Foram questões fundamentais para estruturarmos a grade curricular e as competências de nossos cursos para formarmos profissionais que o mercado necessita. E tivemos sucesso.

3.- METODOLOGIA PARA O ENSINO APRENDIZAGEM DOS TECNÓLOGOS EM NAVEGAÇÃO FLUVIAL E AQUAVIÁRIOS

As principais condições de atuação pessoal e profissional, sob a égide da sociedade do conhecimento e da economia global e com acesso facilitado às novas tecnologias da informação, estão a exigir novas configurações. De modo especial, exige-se do profissional um conjunto de habilidades que o prepare para uma atuação em um ambiente de intensa mudança, ou seja, um profissional preparado para atuar na resolução de novos problemas que advirão no futuro, a oferecer soluções com metodologias próprias, a partir de conhecimento geral e específico e do acesso às informações aplicando metodologias de solução de problemas e avaliando e otimizando resultados.

Neste ponto se caracteriza o caráter implícito da formação em Educação Superior Tecnológica. Este é um processo continuo que se desenvolve ao longo da vida, conforme estabelece a própria LDB, que determina que a graduação é apenas um degrau e não uma etapa final onde se esgota o aprendizado. Mais ainda, cabe lembrar que a aprendizagem não se dá apenas no ambiente da sala de aula, mas ao longo dos dias e dos anos, a toda hora, de fontes diversas e de diversas maneiras. Aprende-se sempre. Cabe, portanto a cada um, aprender a aprender e manter-se motivado para uma aprendizagem produtiva.

Colenci Jr. (2000) destaca que dado o grau de empirismo constatado no processo educacional, e a ausência de uma visão metodológica integradora, persiste um descompasso percebido entre o planejamento e a improvisação, prevalecendo procedimentos individuais, artesanais em lugar do procedimento planejado. Cada um decidindo o que ensinar, como ensinar e como avaliar, numa ação mais pessoal e individual que numa ação previamente pensada,

Segundo Belhot (1997) apesar dos professores entenderem que **ensinar** é uma ação coletiva e **aprender** é um ato individual, as estratégias e procedimentos educacionais, geralmente utilizados no ensino, ainda estão apoiados em um modelo de educação tradicional. Esse modelo tradicional foi continuamente melhorado ao longo do tempo, indicando a aceitação implícita de sua validade e de seus fundamentos. No entanto, aumentam as críticas a esse modelo a partir da constatação, cada vez mais ampla, de sua reduzida adequação às necessidades dos estudantes e às exigências das empresas e da sociedade. A busca por métodos e técnicas inovadoras para a educação requer que o modelo formal sofra uma análise ampla e profunda.

Já não é mais suficiente conhecer muitas técnicas de solução de problemas, é preciso saber também quando, como e em que condições devem ser aplicadas; a metodologia de ensino não pode mais ser espontânea, um ofício artesanal, ela precisa estar apoiada em fundamentos científicos; o professor não pode ser mais o único protagonista do ato educativo; conhecer a matéria de uma disciplina não deve ser mais a única condição para ensinar. Para superar as deficiências do modelo formal, é preciso estimular pesquisas na área educacional para desenvolver e criar métodos e técnicas de ensino adequados à nova realidade profissional na Educação Superior Tecnológica.

Os responsáveis pela educação superior têm pela frente o desafio de discutir Educação e aplicar conceitos para que haja a construção do saber, começando pela própria noção de competência.

3.1.- A Formação de Competências

Atualmente, o tema competência tem sido amplamente discutido nas universidades e no mercado de trabalho. O termo competência é utilizado no senso comum para qualificar uma pessoa ou a realização de algo. Seu antônimo, no entanto, é pejorativo. Implica na depreciação do individuo.

Segundo Finck (2006), o uso do termo competência não deixa de lado o termo formação, pois são palavras complexamente ligadas. Na educação superior, percebe-se uma preocupação quanto à explosão de novos cursos e faculdades cujos resultados não se refletem necessariamente na elevação intelectual em níveis reais de formação. E isso, deve ser a meta intrínseca das faculdades e universidades: a formação com competência, isto é, com conhecimento, desenvolvimento de habilidades e atitudes.

Martins (2006), afirma que o paradigma educacional baseado em um modelo pedagógico de competência onde o currículo é visto como um fim em si mesmo, que tem por meta o acúmulo de saberes, que utiliza metodologias transmissivas e tem foco centrado no ensino, deve ser efetiva preocupação da escola.

A formação obrigatória, com currículos engessados que acabam por limitar o conhecimento esbarra na questão da formação de competências. Dessa forma, Perrenoud (1997) questiona o papel da escola quanto à questão da competência. O desenvolvimento de competências (conhecimentos, habilidades e atitudes) tem sido o caminho apontado por muitos, para a mudança deste paradigma.

Perrenoud (1997) define competência como a faculdade de mobilizar um conjunto de recursos cognitivos (saberes, capacidades, informações) para solucionar com pertinência e eficácia uma série de situações e estas situações estão ligadas a contextos culturais, profissionais e condições sociais.

A complexidade do mundo moderno, a necessidade de adaptação às rápidas mudanças, a flexibilização, a competitividade do mercado de trabalho e a exigência de novos saberes e competências, apontam ainda mais a necessidade de uma diferenciação no ensino e segundo Kuri (2004), a individualização dos percursos de formação, pois não se pode imaginar uma abordagem neutra às diferenças existentes entre os alunos.

Desta forma, o processo ensino-aprendizagem interfere de maneira cabal na formação de competências do aluno merecendo assim atenção especial.

3.2.- O processo de ensino-aprendizagem

Segundo Santos (2001) a prática do professor de ensino superior deve estar pautada em três pilares: o conteúdo da área da qual ele é especialista, sua visão de educação e as habilidades e conhecimentos que lhe permitem uma efetiva ação pedagógica, existindo total interação entre eles. Mas, na prática o que se tem observado é que tanto o professor quanto as próprias instituições de maneira geral, valorizam o primeiro pilar sem, no entanto dominar os demais.

Assim, conforme salienta Colenci (2000), o professor acaba sendo um transmissor de conhecimento, ministrando suas aulas pautado na observação e na reprodução de métodos utilizados por seus próprios professores e ignorando completamente as necessidades de aprendizagem de seus alunos.

"Enquanto o cientista está interessado em fazer avançar a sua área de conhecimento, em fazer progredir a ciência, o professor está mais interessado em fazer progredir o aluno. O professor vê o conhecimento como um meio para o crescimento do aluno; enquanto para o cientista o conhecimento é um fim, trata-se de descobrir novos conhecimentos na sua área de atuação". (SAVIANI, 1985).

Nesta perspectiva, o professor não é um produtor do saber e sim um facilitador da aprendizagem e a ele cabe a organização dos processos e métodos a fim de garantir a apropriação pelos alunos.

Além disso, segundo Barreiro (1996) muitos dos professores contratados pelas universidades exercem a docência por simples obrigação contratual. A fatec Jahu vê o docente como o facilitador na formação do aluno, o vê como um parceiro . Cabe aqui reconhecer conforme salienta Drucker (1968) que a pesquisa gera informações e não conhecimento, e que a capacidade de organização para a aplicação das informações aos resultados finais é o processo de desenvolvimento do "conhecimento".

Sendo assim, é necessário estudar a relação ensino-aprendizagem para desenvolver no aluno a capacidade de pesquisar, de aprender a aprender.

3.3.- O processo de aprendizagem

Atualmente, as modernas teorias educacionais têm dado mais ênfase ao processo de aprendizagem pelo fato de ser centrado no aluno.

Rogers (1971) aponta alguns princípios sobre a aprendizagem, os quais serão apresentados a seguir.

1) Os seres humanos têm potencial para aprender – são curiosos sobre o mundo em que vivem, até que tal curiosidade seja atropelada pelo sistema educacional;

2) A aprendizagem significativa verifica-se quando o estudante percebe que a matéria estudada se relaciona com os seus próprios objetivos – assim, as pessoas só aprendem quando percebem ser o objeto de estudo algo que implique na elevação de si mesma;

3) A aprendizagem que envolve mudança na organização de cada um – na percepção de si mesmo – é ameaçadora e tende a suscitar reações – é o caso da aceitação de valores alheios que se contrapõem ao da maioria das pessoas.

4) As aprendizagens que ameaçam o próprio ser são facilmente percebidas e assimiladas quando as ameaças externas se reduzem a um mínimo – assim, se um aluno está atrasado em certa tarefa e é forçado a resolvê-la na frente dos outros, não é surpresa que fique bastante tempo preso a esta tarefa sem conseguir progresso. Mas, ao contrário, se houver um ambiente de apoio e compreensão, as ameaças externas serão removidas e haverá progresso natural.

5) É por meio dos atos que se adquire aprendizagem mais significativa – assim, quando o estudante é colocado em confronto com problemas e experimentação prática, são especialmente eficazes;

6) A aprendizagem é facilitada quando o aluno participa responsavelmente do seu processo – a aprendizagem significativa aumenta ao máximo, quando o aluno escolhe suas próprias direções, ajuda a descobrir recursos de aprendizado próprio, formula problemas, faz escolhas e decide quanto ao curso de ação a seguir.

7) A independência, a criatividade e a autoconfiança são facilitados, quando a autocrítica e a auto-apreciação são básicas e a avaliação feita por outros tem importância secundária – a criatividade desabrocha numa esfera de liberdade. A avaliação externa é infrutífera se a finalidade é um trabalho de criação.

8) A aprendizagem socialmente mais útil, no mundo moderno, é a do próprio processo de aprendizagem, uma contínua abertura à experiência e à incorporação, dentro de si mesmo, do processo de mudança – se a cultura atual sobrevive é porque o processo educacional não é um processo estático, é dinâmico e muda a cada dia.

Conforme salienta Pfromm Netto (1987), aprendizagem e ensino são processos intimamente ligados entre si, durante uma aula, o aluno exibe grande número de comportamentos relacionados diretamente à aprendizagem: escuta, gesticula, olha, lê escreve, fala. Internamente, o aluno que aprende recorre a múltiplos processos mentais:

associa, compara, avalia, interpreta, classifica, julga, reflete, imagina, memoriza, reconhece, recorda, estabelece hipóteses. Mais ainda, passa a ter dúvidas e faz perguntas, questiona e começa a estabelecer suas próprias referências sobre o conteúdo.

Dentro de uma abordagem construtivista, o item mais marcante, segundo Rezende (2002) é a consideração do indivíduo como agente ativo do próprio conhecimento, o que na prática desloca a preocupação com o processo de ensino para o processo de aprendizagem. Desta forma, na visão construtivista, o estudante constrói seu conhecimento por meio da interação com a sua realidade.

A Tabela 1 aponta os diferentes enfoques dado ao processo educacional diante das variáveis apresentadas. Assim, percebe-se que quando o enfoque é centrado no ensino o foco é no professor que é visto como o provedor do conhecimento e as metodologias aplicadas são convergentes e memorizadoras. Já quando o enfoque é centrado na aprendizagem, o foco passa a ser no estudante e o docente é visto como um facilitador da aprendizagem e usa metodologias onde o aluno é que vai construir seu conhecimento.

Tabela 1 – Diferentes enfoques educacional

VARIÁVEL	ENFOQUE CENTRADO NO ENSINO	ENFOQUE CENTRADO NA APRENDIZAGEM
Foco	Docente	Estudante
Docente	Provedor de Conhecimentos	Facilitador da aprendizagem
Estímulo	Informação abstrata, não pertinente	Situação de aprendizagem real, pertinente
Processo Mental	Convergente, Memorizador	Divergente, analítico, Construtivista
Objetivos	• Informacional; • Discursivo; • Resposta correta; • Aprender por si.	Promover: • *Know how* • *Know Why* • *Skill* • *Feeling* Geração da resposta, aprendizagem com o processo
Ritmo	Uniforme	Variável
Comportamento	Rígido: autoritário	Flexível,igualitário
Efeitos	Promover o individualismo; cria dependência	• Fomenta o trabalho em equipe; • Favorece a iniciativa; • Prestigia a liderança.

Fonte:- adaptado de VILORIA - 1996

3.4. - O Caminho da Aprendizagem na formação do Tecnólogo Naval e o Aquaviário

A aprendizagem capaz de atingir a plena capacitação tecnológica de pessoas, de empresas, de sociedades e de nações pode-se dizer evolui segundo diversos estágios. São eles:-
* criação, absorção, digestão, domínio e difusão, conforme mostra a figura 1.

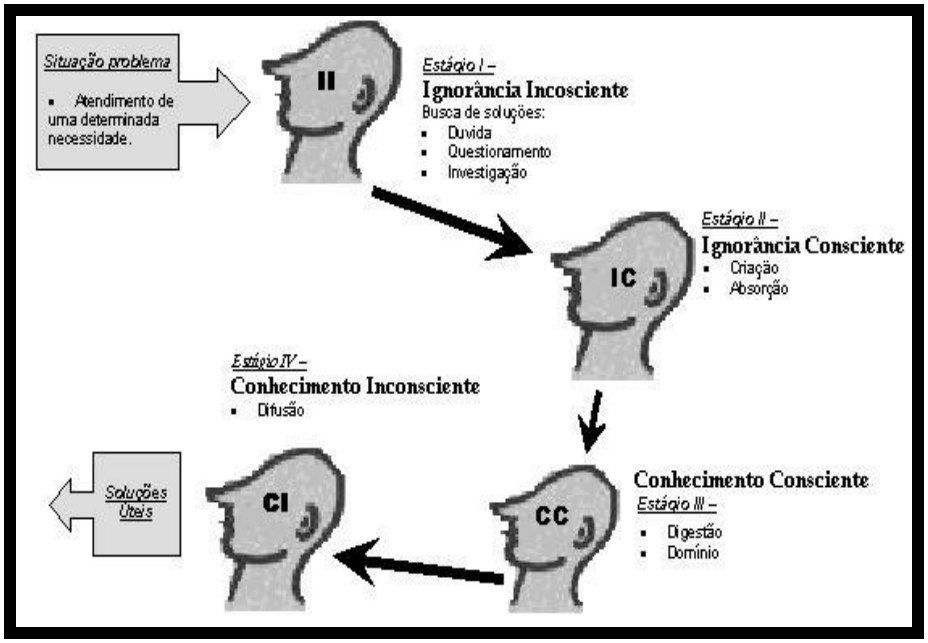


Figura 1 Caminho da AprendizagemCOLENCI e PADRONI (2008)

Segundo Frieldlaender (2004) o empreendedor "pode ser estudados sob diferentes enfoques e por uma variedade de áreas de conhecimento como a psicologia, sociologia, pedagogia, economia, administração e outros".

Os estilos de Aprendizagem mostram as características e preferências pessoais para receber e processar as informações. Fielder (1996), observa que as pessoas têm diferentes estilos de aprendizagem, algumas tendem a dar mais atenção a algoritmos, fatos e dados, enquanto outras têm mais intimidade com teorias e modelos matemáticos. Uns preferem informações visuais como diagramas, figuras e esquemas e outros tem maior familiaridade com explanações faladas e escritas. Enquanto uns preferem trabalhar sozinhos, introspectivamente, tendo assim, melhor rendimento, outros preferem aprender de forma ativa e interativa. Esses aspecto segundo Felder (1996) vão interferir na eficiência de qualquer atividade profissional.

Pretende-se avaliar, através de metodologia exploratória de caráter qualitativo, aplicando-se os questionários de Keirsey (Classificador de temperamentos de keirsey) e de Felder e Soloman (Índice de Estilos de aprendizagem), os diferentes graus em que se encontram os níveis de maturidade e gerenciamento e suas demandas atuais para o seu fortalecimento. O

grau de capacitação profissional tecnológico e administrativo, o acesso a informações, a integração com fontes de fomento e fontes de conhecimento, os estilos de aprendizagem, os valores e paradigmas de atuação, a busca da excelência, entre outros, são os aspectos pontuais a desenvolver, em direção a uma modelagem produtiva.

4.- Aplicação da metodologia

O trabalho foi realizado no **LABORATÓRIO DE CRIATIVIDADE e no ESTALEIRO MODELO** com a criação de 10 laboratórios técnicos na Fatec Jahu, e por meio do **ESTÁGIO** realizado nas empresas.

Esse trabalho fornece mecanismos para podermos corrigir falhas nas competências.

Nesse estudo por meio de metodologia exploratória de caráter qualitativo, aplicando-se o método de pesquisa-ação, foi possível identificar os diferentes graus em que se encontram os níveis de maturidade e gerenciamento e suas demandas atuais para o seu fortalecimento.

O grau de capacitação profissional tecnológico e administrativo, o acesso a informações, a integração com fontes de fomento e fontes de conhecimento, os estilos de aprendizagem, os valores e paradigmas de atuação, a busca da excelência, entre outros, são os aspectos pontuais a desenvolver, em direção a uma modelagem produtiva.

Para medir os estilos de aprendizagem foi utilizada a abordagem de Felder e Soloman (ILS-Index of Learning Stylos – 1991) que foi derivado do modelo desenvolvido por Felder e Silverman (1988). Este instrumento é composto de um conjunto de perguntas, com duas alternativas de escolha e de resposta induzida, ou seja, o respondente deve optar por uma das alternativas para a situação apresentada na pergunta.

O modelo, de Felder e Silverman(1988) é orientado para o processo de aprendizagem e possui como objetivos:

- Indicar como é feita a **Percepção** da informação (Sensorial/Intuitivo);
- Identificar o modo de **Retenção** da informação (Visual/Verbal);
- Revelar o modo de **Processamento** da informação (Ativo/Reflexivo);
- Mostrar a forma de **Organização** da informação (Seqüencial/Global).

De acordo com esta metodologia, os estilos de aprendizagem podem ser:

Ativos e Reflexivos

Os aprendizes ativos segundo Felder (1988) tendem a compreender e reter melhor a informação trabalhando de modo ativo, agindo sobre algo – discutindo e aplicando a

informação ou explicando-a para os outros, tendem a gostar mais do trabalho em equipe. Os aprendizes reflexivos preferem primeiro refletir sobre a informação e tendem a gostar mais de trabalhar sozinhos. As pessoas são algumas vezes ativas e outras reflexivas. A sua preferência por uma categoria ou por outra pode ser forte, moderada ou fraca. O equilíbrio é o ideal.

Sensoriais e Intuitivos

Aprendizes sensoriais gostam de aprender fatos, resolver problemas com métodos bem estabelecidos, sem complicações e surpresas. Preferem informações práticas, são metódicos.

Aprendizes intuitivos preferem descobrir possibilidades e relações, gostam de novidades e se aborrecem com a repetição. Preferem mais conceitos e teorias.

Sensoriais tendem a ser mais detalhistas e bons para memorizar fatos e fazer trabalho prático; intuitivos desempenham-se melhores no domínio de novos conceitos. Sensoriais tendem a ser mais práticos e cuidadosos do que os intuitivos; os intuitivos são mais rápidos no trabalho e mais inovadores que os sensoriais.

Visuais e Verbais

O aprendiz visual se recorda mais facilmente do que viu – figuras, fluxogramas, filmes, demonstrações. Privilegiam as informações que recebem por imagem, diagramas, gráficos, esquemas. O aprendiz verbal tem mais facilidade com as palavras, explanações escritas ou faladas. Eles privilegiam o que é falado, o que está escrito, as fórmulas.

SEQÜENCIAIS E GLOBAIS:- Aprendizes seqüenciais tendem a aprender de forma linear, em etapas seqüenciadas. Os aprendizes globais tendem a aprender em grandes saltos, assimilando o material quase aleatoriamente, sem ver as conexões, para então, compreender o todo.

Os seqüenciais tendem a seguir caminhos para encontrar soluções; os globais podem ser hábeis para resolver problemas complexos com rapidez, mas podem ter problemas para explicar como fizeram isso.

ATIVO:- tende a compreender e reter melhor a informação participando ativamente da realização de uma atividade. O ativo prefere executar, praticar, resolver situações

problemas reais. Normalmente é rápido nas respostas e movimentos, mas em decorrência pode agir prematuramente, sem ter avaliado conseqüências e impactos.

INTUITIVO:- Gosta de inovação, aprecia a variedade, novos desafios, e evita as atividades que dependem de memorização, que sejam rotineiras ou repetitivas. é imaginativo. É imaginativo, está sempre em busca de significados, desafios e novas possibilidades. Trabalha bem o subconsciente, sente-se confortável com abstrações, formulações matemáticas e com o uso de teorias e modelos.

VISUAL:- Captura mais informações através de gráficos, quadros, figuras, cronogramas, filmes e demonstrações. A memória é mais visual, por isso tem mais facilidade em reconstruir imagens de diferentes modos e recuperar rapidamente o conhecimento adquirido. Substitui rapidamente as palavras por esquemas e representações visuais.

GLOBAL:- Absorve a informação em grandes saltos holísticos. Fragmentos aparentemente sem conexão repentinamente se ligam para formar o grande quadro, e tudo fica claro. Precisa enxergar o contexto e, que a situação ocorre, para então compreender como juntar as partes para resolver o problema. Tem facilidade para juntar conhecimento de maneira inovadoras, para resolver problemas de forma criativa, mas pode ter algum problema para explicar seu raciocínio, pois seu foco está na síntese, no pensamento sistêmico, e não na linearidade. O global pode ter alguma dificuldade para trabalhar em atividades em que não enxergue o objetivo final pretendido.

5.- RESULTADO

5.1. Foram avaliados uma amostra de 40 tecnólogos através dos estilos de aprendizagem, com a devolução respondido de 38 questionários para o mapeamento do estilos de aprendizagem.

Observa-se os seguintes resultados no gráfico 1:-

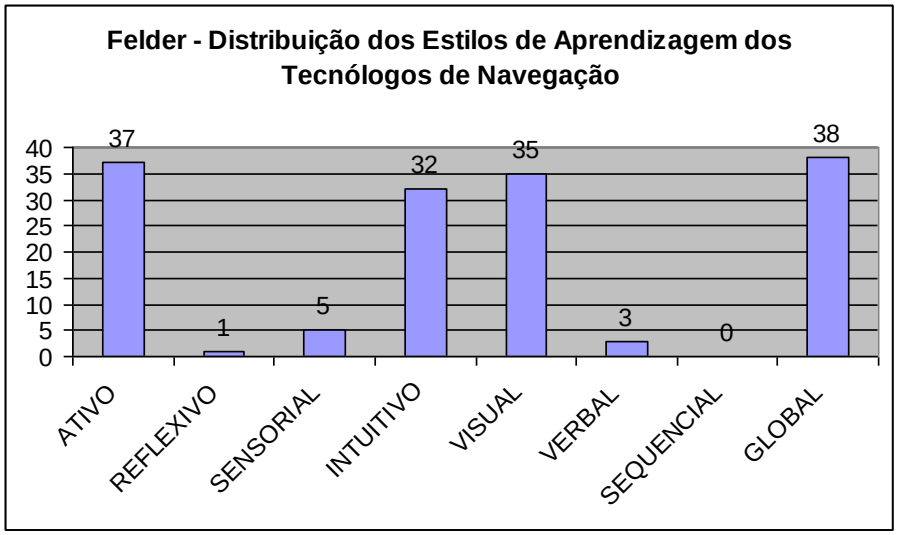


Gráfico 1 . Distribuição dos estilos de aprendizagem dos alunos de Tecnologia em Navegação.

No gráfico 1 observa-se os estilos dominantes dos tecnólogos na aprendizagem:-
Através do resultado dominante do estilo de aprendizagem dos tecnólogos de navegação, percebe-se que a formação dada ao aluno produz um profissional que é adaptável as diversas situações e ao tipo de atividade, aprendendo rapidamente de forma holística.

5.2. Foram avaliados uma amostra de 35 Aquaviários do curso de formação de marinheiro através dos estilos de aprendizagem, e observou os seguintes estilos de aprendizagem dominante conforme mostra o gráfico 2:

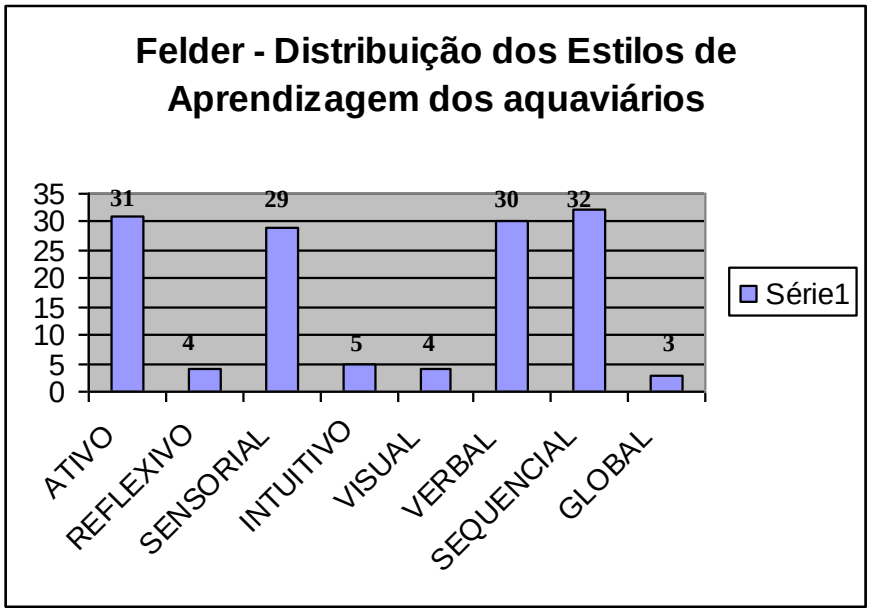


Gráfico 2 . Distribuição dos estilos de aprendizagem dos Aquaviários

Através desse resultado apresentado, o que se pode observa na forma de aprendizagem dos aquaviários (ensino fundamental e médio) em relação aos tecnólogos (ensino superior), é a forma de raciocinar, precisando muito mais de palavras, exemplos escritos, precisando seguir vários caminhos passo a passo para encontrar a solução e são mais práticos, mais detalhistas

Os **seqüenciais** tendem a seguir caminhos para encontrar soluções;

O aprendiz **verbal** tem mais facilidade com as palavras, explanações escritas ou faladas.

Sensoriais tendem a ser mais detalhistas e bons para memorizar fatos e fazer trabalho prático, sensoriais tendem a ser mais práticos e cuidadosos; e menos inovadores;

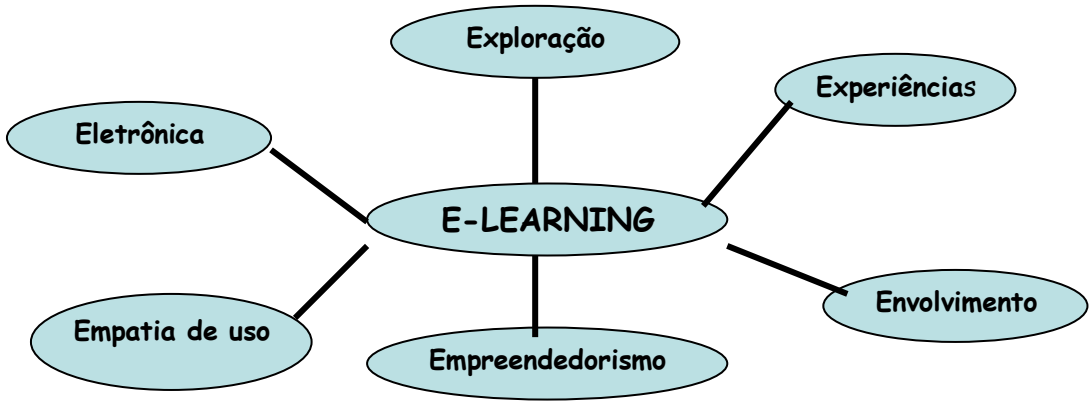
Os aprendizes **ativos** tendem a compreender e reter melhor a informação trabalhando de modo ativo, agindo sobre algo – discutindo e aplicando a informação ou explicando-a para os outros, tendem a gostar mais do trabalho em equipe.

6.- UTILIZAÇÃO DO EAD NO TREINAMENTO

Alternativas de Melhorar o Processo Ensino/Aprendizagem para Tecnólogos de navegação e Aquaviários:

- Repensar o ensino/aprendizagem;
- Disponibilizar condições - busca conhecimento técnico + subsídios – educação= elemento complementar às formas de comunicação tradicionais;
- Compreender e adequar-se às novas tendências de aprendizagem – usar informática garante ao homem do novo século um passaporte para inserir-se na vida profissional, tornando-se contemporâneo, moderno nesta sociedade informacional, na qual todos os sujeitos envolvidos pelo processo estejam atualizados.

Vertentes de uso das TIC (Tecnologias da Informação e Comunicação) na Educação



Fonte:- **Centro de Competência da Universidade de Minho (UM) MJGomes (acesso em 06/07/2006)**

O questionário para avaliação do perfil de aprendizagem dos profissionais – tecnólogos de Navegação Fluvial e Aquaviários, são realizados utilizando o EAD e em seguida tabulados através de um banco de dados desenvolvidos pelos autores do trabalho.

7.- CONCLUSÃO

O movimento pela Inovação Produtiva utilizando os estilos de aprendizagem dos Tecnólogos é um fator estratégico para a Competitividade. A abordagem aplicada permite identificar se as diretrizes curriculares e a metodologia de ensino estão alinhadas com as necessidades do mercado.

Com a grande necessidade desses profissionais no mercado, visto o aquecimento do setor naval, é importante também utilizarmos esta metodologia para a formação desses profissionais utilizando o Ensino à Distância para poder atingir de forma global os profissionais e produzir profissionais com sucesso, principalmente quando estão embarcados.

8.- BIBLIOGRAFIA

Bittencourt, A.S. **Comentários para o painel sobre Gestão de recursos Humanos Desafios e oportunidades Offshore no Brasil –** SOBENA

Belhot, R. V. **Reflexões e Propostas sobre o "Ensinar Engenharia para o Século XXI**". Tese de Livre-Docência, Engenharia, São Carlos - SP, USP - Universidade de São Paulo, 1997.

Colenci, A. J – A**s diretrizes para uma política de gestão no âmbito da educação Superior no CEETEPS**. São Paulo. 1999.

Colenci, A. J – **Organizações voltadas para o aprendizado**. In: Gestão Estratégica de Negócios. Cavalcanti M. (org). Pioneira – Thomson Learning.

Colenci, A.J , Padroni, R.M. **- Livre pensar, é só criar**. Copidart.– SP.

Colenci, A. J. - **Educação Tecnológica e Alinhamento Estratégico**. Fórum de Inovação Tecnológica, Inclusão Social e Redes de Cooperação. MCT. Araraquara – SP. 22 a 23 de julho de

Colenci, A. T.- **O Ensino de Engenharia Como uma atitude de serviços: a exigência de atuação em novos patamares de Qualidade Acadêmica.** Dissertação de mestrado apresentada à EESC/USP. 2000.

Trevelin, A.T. C. – **A relação professor aluno estudada sob a ótica dos estilos de aprendizagem: análise em uma Faculdade de Tecnologia – Fatec.** Tesertação de doutorado apresentada à EESC/USP. 2007. São Carlos.

Drucker, P. **Uma era de descontinuidade**: orientação para uma sociedade em mudança. São Paulo. Círculo do Livro. 1968.

_____. **Administrando em tempos de grandes mudanças**. São Paulo: Pioneira, 1995.

Felder, R.M., **Matters of style. ASEE Prism**, Washington, v. 6, n. 4, p. 18-23, Dec.. 1996.

Felder, R. M.; SIlverman, L. K. - Learning and teching stylos in engeineering education. **Journal of Engineering Education.** Lancaster, v.78, n.7, p.674-678, apr. 2003

Fink,N.T.L www. bomjesus. brs/pdf/revista EC . Acessado em 23/ago/2006

Friedlaender, G.M.S. - **Metodologia de ensino-aprendizagem visando o comportamento empreendedor.** Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianólopolis,

Kuri, N.P., - **Tipos de personalidade e estilos de aprendizagem: proposições para o ensino da Engenharia.** Tese de Doutorado em Engenharia de Produção da Escola de Engenharia da Universidade Federal de São Carlos.

Martins, M.F. - **Ensino Técnico e Globalização:- Cidadania ou Submissão?** Autores associados. São Paulo. 2006

Matias, C. R. **Reforma da Educação Profissional**: Implicações na Unidade Sertãozinho do CEFET-SP. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação do Centro niversitário Moura Lacerda. Ribeirão Preto/SP. 2004.

Pasetto, P.C., - **Avaliação e análise dos estilos de aprendizagem dos empreendedores oriundos da Incubadora de Empresas de Base Tecnológica de São Carlos.** Dissertação de Mestrado em Engenharia da Produção da Escola de Engenharia – USP. Cidade de São Carlos.

Perrenoud, P. - **Construir as Competências desde a escola.** Tradução de Bruno Charles Magne. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999.

Pfromm Neto, S – **Psicologia da Aprendizagem e do Ensino**. São Paulo. EPU: editora da Universidade de São Paulo. 1987

Revista Portos e Navios. Edição 508. Maio(2003)

Informativo Marítimo. Jan/Mar. Marinha do Brasil- Diretoria de Portos e Costas.

Rogers, C. -**Liberdade para Aprender**. Belo Horizonte: Interlivros: 1978.

Saviani, D. – **Pedagogia Histórico-crítica no quadro de tendências da Educação Brasileira**. Revista da Associação Nacional de Educação nº 11. São Paulo. Cortez, 1985

METHODOLOY OF POLLUTION'S ANALYSIS OF INSIDE THE BAY WITH PORT

Toshi-ichi Tachibana and Dewar Taylor Carnero Chavez
Polytechnic School of the University of Sao Paulo
E-mail: tatibana@usp.br

ABSTRACT

This paper present a methodologies used to determine the transport of pollutants in aquatic environments and analysis of social, economic and environmental use, traditionally, well-established statistical techniques, such as analysis of variance, hypothesis testing of models, linear or multi-criteria analysis. But these methods do not allow us to assess how the phenomena described by distributing data on the geographical area, how computational tools of representation and analysis of geographic data, or *Geographic Information Systems - GIS*. They are currently being used for the treatment and analysis of these data and applied in various areas of knowledge, whether in health, environment, agriculture, fishing, sea culture, oceanography, among many others. The physical survey was carried out from February 2007 through May 2008 for proof of the methodology presented here.

1. Introduction

The globalization of the world economy more internal economic development is promoting growth in many countries. This need to be developed economically and socially in most cases leads to the exploitation of new sources of funds, exerting strong pressure on the environment. Production processes based on the destruction of the environment, usually have generated damages whose costs are vastly greater than the benefits obtained. In this case, the fall in aquaculture products can demonstrate the cost of environmental degradation of coastal mangroves and the reductions in economic productivity due to scarcity contamination of water resources show the impact of the loss of those resources and the natural decline in productivity.

The areas most sensitive to anthropogenic phenomena are the coasts. The estuarine areas, the mangroves, corals and the bays are the places of procreation of the vast majority of marine fauna. Just then, these rich marine environments, is that they are the biggest pollution effects, because it is where are the toxic waste dumped directly from coastal cities, the numerous industries and agriculture, including often brought from great distances by rivers that flow in these places. .

The transport and dispersion of pollutants in natural water courses are usually described by a one-dimensional model, in the form of differential equation known as advection-dispersion equation, deduced from a balance of mass, where the flows are governed by the law of Fick [1].

The hydrodynamic is the main driving force for the transport of chemicals substances (pollutants, nutrients), biological (phytoplankton, zooplankton) and geological (sediment). And to understand that we must learn some important concepts related to the distribution and transport of pollutants in an aqueous environment. A pollutant, when receiver gets into a body he is a bay or estuary, is controlled by hydrodynamic from the encounter of the amount of sewage flow to the ocean, under the influence of tides, distributed of two phases, dissolved and particulate.

The particulate phase is linked to particulate matter and may therefore ultimately be deposited in the fund, taking it to its final destination, or if reverse suspended the sediments, to be mobilized for the water column.

The dissolved phase circulates in this environment, depending on the balance with the particulate phase, and may receive significant contributions from interstitial waters contaminated by the concentration of pollutants in the bed of sediment, and then directed at depths greater.

In addition to the environmental pressures that result in changes in the physical environment, some most striking effects of different human

activities are the social and environmental conflicts. Lack, grace and / or an inadequate environmental legislation disseminated socio-environmental problems. Activities of mining, logistical structures, industrial complexes, ports among others, are sources of many problems, most of them associated with the occupation and ownership of resources and other due to the effects inherent in the production.

The environmental sustainability is now a major concern of society, whether in the political environment, social, academic and economic. This new reality has led to demand for a variety of techniques which have the order preventing, controlling and even recover environments that have been subject to deterioration and impacts resulting from human activities. In this work, we will deepen the study of the Bay of Paracas-Pisco, Peru, and an area in which it is mixed in character interests of economic, political, social and environmental.

The Paracas Pisco Bay , is located between the coordinates 13 ° 46 'S - 76 ° 16' W and 13 ° 50 'S - 76 ° 30' W, the temperature in the region ranges from 15.5 ^{o}C and 18 ^{o}C in winter and 20 ^{o}C and 25 ^{o}C in the summer, presents a 2 mm average rainfall per year. The geological characteristics of the region and the current presence of Humboldt have favored the establishment of various communities of flora and fauna. The high productivity in the waters of the bay, and variety of natural conditions makes the bay an oasis in the desert of the Peruvian coast, where there are approximately 216 species of birds, 168 species of fish, 16 species of mammals, 10 species of reptiles, among others bird species both locals and migrants.

The Bay of Pisco has suffered a series of changes in the natural landscape caused by economic development due to the action of the fishing industry, (Industrial fishing Park) and energy (Porto San Martin and gas fractionation plant in Camisea). To protect these areas, it is necessary to understand the natural vulnerability, its economic potential, identify and quantify the environmental aspects and impacts, aiming to select mediated to be implemented in order to ensure sustainable development.

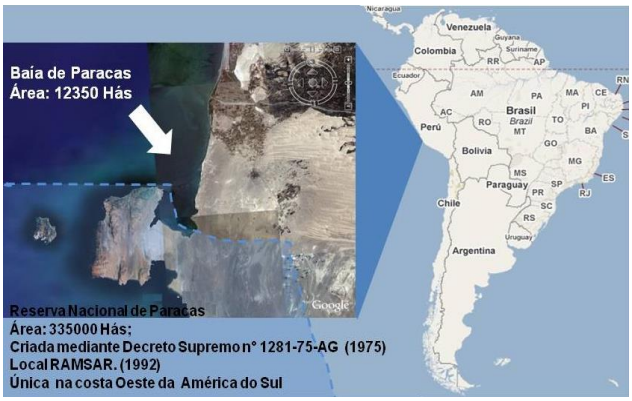


Fig.1 Location of the Bay of Paracas-Pisco

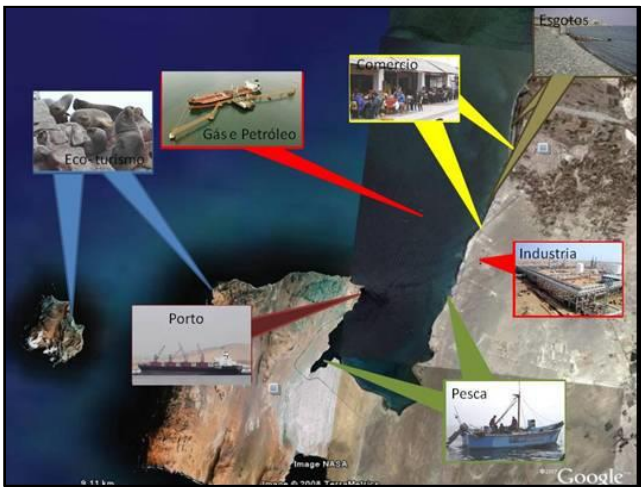


Fig.2 Area of study- Bay of Paracas-Pisco

2. Purpose

The main objective of present research is to evaluate the environmental aspects and impacts generated by activities in the Bay of Paracas-Pisco. As well as, to determine the dynamics movement of pollutants inside the bay.

3. Development of the Research

Considering the absence of the need and importance of a database organized on the area in question, it is necessary to carry out the characterization, analysis and a conceptual proposal of ecological-economic zoning, thus providing a geo-referenced database, in view to identifying the degraded areas and occupied by various anthropogenic activities. This line of action is a planning tool that generates indicators on the strengths and weaknesses of physical resources, biotic and socio able to support decision making, serving as a liaison to the public and private actions, according to the needs,

conservation, protection, rehabilitation and socio-economics [2].

With the advent of computers, emerged several tools for capturing, processing and presentation of geographic information. The connection of these technical and conceptual tools led to the development of technology for processing spatial data, called Geoprocessing. *Geographic Information Systems (GIS)* are information systems specially built to store manipulate and analyze spatial data, i.e. data that represent objects and phenomena in which the location is an inherent characteristic and indispensable to treat them.

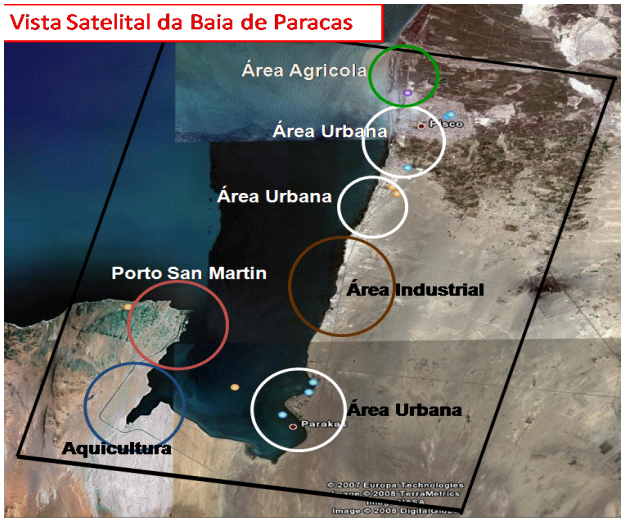


Fig.3 Human activities in the Bay of Paracas-Pisco

Using the methodology of ecological-economic zoning, offers several advantages, some advantages are described in further:

• Increased ability to integrate disparate data and information sector;

• Ease of reading and interpretation and easy access to information;

• Harnessing the experiences accumulated in the institutions as the Zoning;

• Greater transparency in diagnostics and propositions;

• Integration inter-institutional materializing the new style of planning.

To develop the work using the *Google Earth* platform, and the program *SAGA GIS* (*Automated System for Geo scientific Analysis*) that is a hybrid program. This aims at to carry out the crosses of different thematic maps, in order to identify the areas in certain regions. With these criteria could define the following areas for action:

• *Zone early* - this area consists of natural areas where human intervention has been small or minimal.

• *Zone extensive use* - consists mainly of natural areas, but may contain some areas of human change;

• *Agricultural Area* - area devoted to cultivation of agricultural products;

• *Industrial Area*- area dedicated to production of new items is characterized by the presence of little villages.

• *Use of Special Zone* - the area belong to the areas necessary for the administration, maintenance and services of the Office of Conservation;

• *Urban Area*

The satellite photos and maps used in the research allowed the visualization of areas under different anthropological activities, including urban development, industry, agriculture, aquaculture, transportation among others.

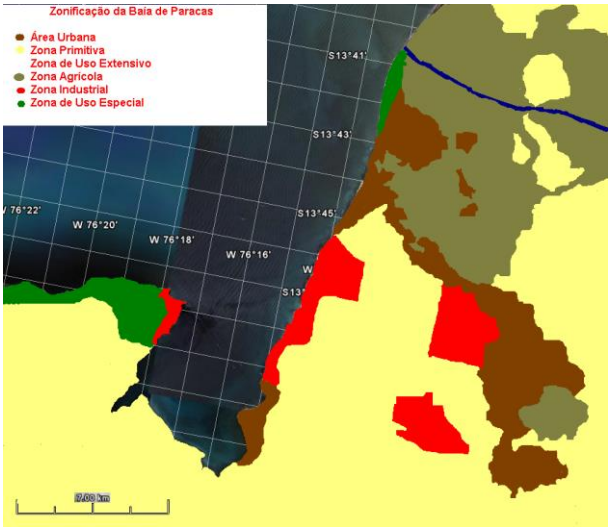


Fig 4 Ecological-Economic Zoning of the Bay of Paracas

From this perspective, it should be understood that maps and photos are not only cartographic products which are recorded and stored information, but instruments of research that serve as support for the planning of adequate space. The geo-technical reference allows a greater knowledge of the natural environment and human action, allowing the analysis of changes and environmental imbalances over time. Another fact

that justifies the adoption of this methodology is the absence of studies and research of this kind in the region, especially when it involves environmental issues.

The processing of images has also characterized the reference points to collect samples of sea water for later analysis in the laboratory. The points of data collection on the depth study and analysis of water quality was done in 3 areas which were divided respecting the physical, human activities and developed their characteristic political and economic (municipality). The mapping for data collection was as follows:

a) *Inside the bay* - This area is the portion of water surrounded since the "Punta del Pejerrey" where is located the port of San Martin (13 ° 47 '32 "S, 76 ° 15' 26" W), beach "Media Luna," beach "The Chaco," beach of Paracas have an 58 km2 of extension. The underwater area is the most varied in relation to the others. In front of Punta del Pejerrey, presents a rocky area where the port is located San Martin and a pending 10/100, robust presence of seaweed, crustaceans and fish. Front of the wharf company's EPSEP- Empresa Peruana de Servicios Pesqueros del Peru, there is presence of corners rotated diameters ranging from 8 to 12 cm, and strong presence of material result of the decomposition of limestone shells. There is a strong presence of small-sized vessels, 70% of artesian fisheries, transport for 23% and 7% of tourists for leisure.

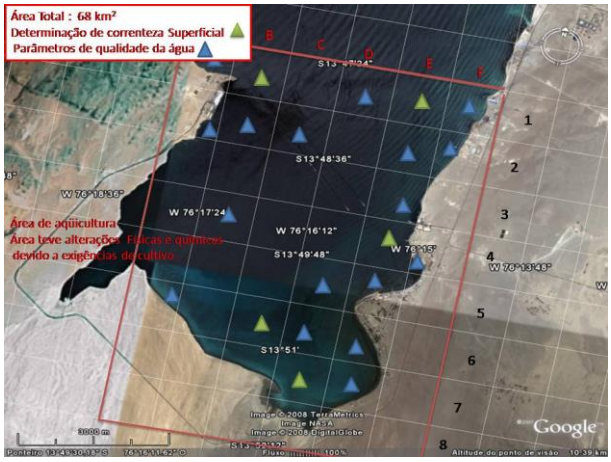


Fig.5 Points for data collection inside the Bay of Paracas-Pisco

b) beach of San Andrés- This area is located opposite the municipality of San Andres, is an extension of 68 km2. The platform provides an outstanding submerged very low, approximately 10 cm / m which descends to the beach within 2 km. Since the 2,000 meters, the outstanding amount to 20cm / m. It has an irregular coastline, circumvention of sand and turned corners. In the same area is the terminal of oil from San Andrés, which has capacity to store 365,000 BLS / year of hydrocarbons highlighting: gasoline, diesel, kerosene, among others. The oil terminal is supplied through a submersible platform, this area is the visible presence of oil on the surface of the water and waste oil came on. A 4 km from the oil terminal toward the South is located at the industrial zone of San Andres and Paracas; in this area are down 7 companies dedicated to the production of fishmeal and fish oil with an average annual production of 404,000 tons of fish meal. This area receives a heavy load of pollutants; were identified 18 products, 12 of which correspond to effluent from the plant for processing of fish meal and oil, 4 other products correspond to the distribution system of gas fractionation plant in Camisea (Consortium Plus energy-petrol) and untreated sewage [2].

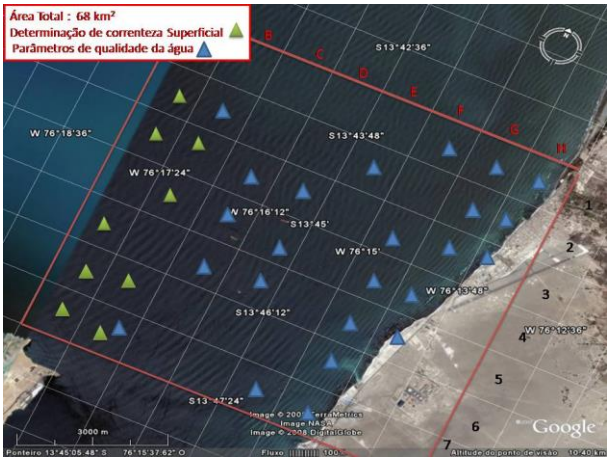


Fig.6 Points for data collection area of San Andres beach Lobeira

c) coast of Pisco- This area extends from debouchments (mouth /estuary) of the river to the port of Pisco Pisco toward SW. This region has a total area of 38 km2. The topography of the fund

gradually decreases from the submerged beach Lobeira (South), enough to achieve the 14 meters of the water column opposite the port of Pisco. Using the technique of diving, it was noted that the area presents a very bumpy surface, flat areas with low and rocky, it was found the existence of corners and run strong presence of seaweed, as well as material sedimentary. As Nautical Charter of the region, we have approximately 355 m SW in the dock of Pisco (13 ° 42 '57 "S, 76 ° 13' 31" W), the presence of two low of 4.5 meters and 1.83 meters in a area 500 m2. This area receives a heavy load of pollutants generated by the discharge of the two lagoons of stabilization, untreated sewage [4], as well as two streams from agricultural effluents in the region. In this area there is a strong presence of cargo ships, due to the presence of the port of Pisco.

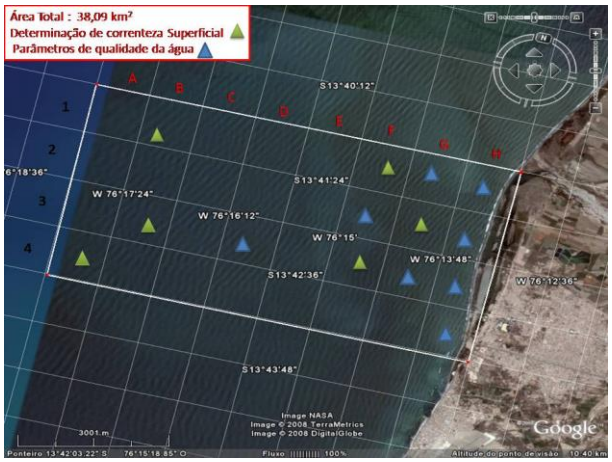


Fig.7 points for data collection before the beaches of Pisco.

The complexity of simulating the transport of sediment results from the large number of processes involved in the disposal flows (waves, tides, flow of rivers, wind), as well as the amount of phenomena in the integration of the flow and sediments (entrainment, re-suspension / deposition), and especially the interaction, nonlinear, and processes at scales of time and space very different. The tides and currents are the main physical parameters involved in the distribution of pollutants.

i) The tides

The action of the oil is regarded as an important physical factor for primary production and, together with other factors of smaller importance (winds, density, temperature, etc.). Influence ecological processes.

The importance of the tidal study based on the need to determine the heights and depths of topographical accidents for the design of structures in coastal areas. From the environmental point of view, has high biological interest, because it sets the boundary between the areas of terrestrial and marine species.

According to Direction of Hydrographic and Navigation of the Peru Navy, in the study were present tide of semi-diurnal type which have two phases: two high tides and low tides during the day to sail (24 hours and 50 minutes) . The extent of the media tide is 0.58 m, the breadth of the moon (full moon and new), also known as maximum extent of high tide width is 0.76 m. In the case of the presence of the phenomenon "El Nino", the value of the tidal level was increased reaching the scale of 90 cm.

ii0 Currents

The current speed and direction of the currents are the most important parameters of the hydrodynamic in the transport of pollutants and sediments and the basis for the development of programs to identify sources of pollution (Grafand r. Rosenberg, 1997). In the field of study exists only study of currents and bathymetry in a radius of 2.km adjacent to the port of San Matin. In that sense it was necessary to do a study on direction and speed of currents that circulate within the bay. The technique used was the use of floats attached to a candle submerged. The float is identified with the help of a small flag and surface area of the float on the water is kept as small as possible to minimize the effect of wind drag. The determination of the direction and speed of currents surface was performed using a float "Eva" synthetic material of 100 mm in diameter and a width of 80 mm with a capacity of up to 400 g suspend the float was at a weight of 1 kg with the objective to minimize the area of exposure to the wind. The speed of flow was determined after statistical treatment of 20 observations using the technique of linear regression.

The survey was conducted by Ecobatymetri Cure 242 - Eagle (portable). The location of the point of collection was done using a Garmin GPS Brand, model GPSMAP 76S. Data were corrected for the level of the flood. In figure can be shown from the depths in the bay.

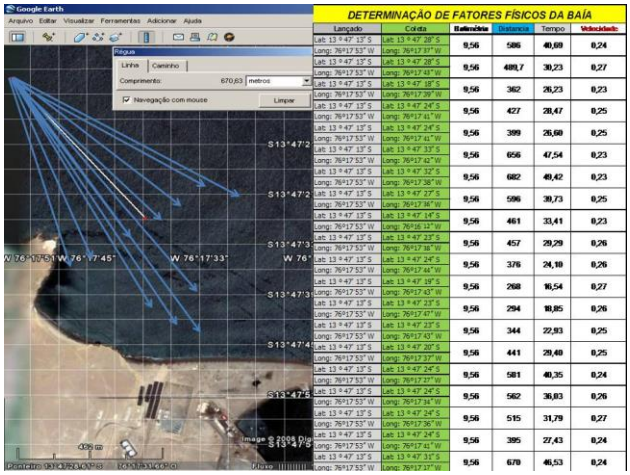


Fig.8 Determination of the direction and speed of currents

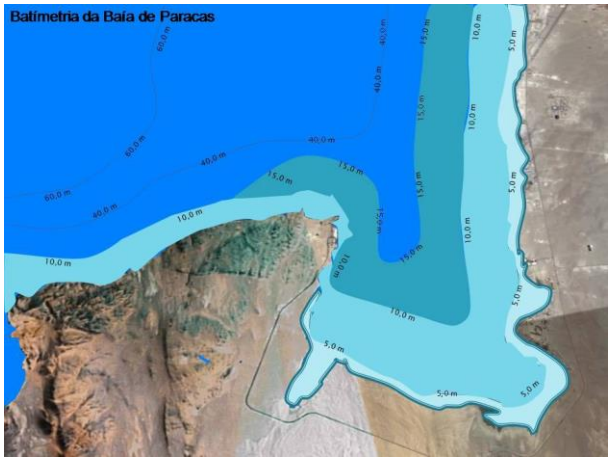


Fig.9 bathymetry of the Bay of Paracas-Pisco

In each of these items was also made the rising of the water quality parameters aimed to analyze the following parameters. PH, dissolved Oxygen, Biochemical Oxygen Demand, temperature, transparency, oils and greases. These parameters were obtained through multiparâmetro YSI 556 MPS in 2 depths. The first one: 0.5 m in the water depth and the second at 1 m from the benthonic bottom. The analysis of the information was made comparing the values allowable by law established the Environment of Peru, addressed the General Water Law of Peru, and approved by Supreme Decree No 261-69 AP at the time of 1994.

4. Conclusions

The methodology proved to be a basic tool to implement actions aimed at environmental management in the region.

The high levels of BOD, presence of anoxia, and fecal coliforms are the result of emissions of fishmeal factories, and low circulation of currents in the area, which undermine the power of self depuration the bay.

It has been proven the existence of the currents in the bay from a South which increased from 16 hours, with an average speed of 20 cm / s and another from Punta Pejerrey which enters the bay in the early hours of the day, falling sharply the 16:00 hour.

5. References

ALEIXO, L. A. G; TACHIBANA, T Modelo Matemático para o Estudo do Derramamento de Óleo no Meio Ambiente Marinho. In: CONGRESSO NACIONAL DE TRANSPORTES MARÍTIMOS, CONSTRUÇÃO NAVAL E OFFSHORE, 19., 2002, Rio de Janeiro. Anais.. Rio de Janeiro: SOBENA, 2002.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Especificações e Normas Técnicas para Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamento de Óleo. Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos. Programa de Proteção e Melhoria da Qualidade Ambiental. Projeto de Gestão Integrada dos Ambientes Costeiro e Marinho. MMA, 2002. 22p;

VAN DER LEE, W.T.B., Parameters affecting mud floc size on a seasonal time scale: The impact of a phytoplankton bloom in the Dollard estuary, The Netherlands, Coastal and Estuarine Fine Sediment Processes, McAnnaly, W.H. & Mehta, A.J (Editors), Elsevier Science B.V., Proceedings in Marine Science 3, 2001 pp. 403- 421;

CARNERO C. D. " Contaminacao ambiental provocada pela industria pesqueira no Pacifico sudeste" In: CONGRESSO NACIONAL DE TRANSPORTES MARÍTIMOS, CONSTRUÇÃO NAVAL E OFFSHORE, 19., 2002, Rio de Janeiro. Anais.. Rio de Janeiro: SOBENA, 2002. 1 CD-ROM;

CARNERO, D; TACHIBANA, T "Impacto ambiental das embarcações pesqueiras no Pacífico sudeste" In: CONGRESSO PANAMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL E OCEANICA IPIN, 19., 2005, cidade de Guayaquil. Anais.. Rio de Janeiro: IPIN , 2005. 1 CD-ROM;

CARNERO, D; TACHIBANA, T “Agua de lastro en el Perú, riesgos al sector pesquero por la bio-invacion” In: CONGRESSO PANAMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL E OCEANICA IPIN, 19., 2005, cidade de Guayaquil. Anais.. Rio de Janeiro: IPIN , 2005. 1 CD-ROM;

CARNERO, D; TACHIBANA, T “Situación y perpectivas de la industria naval Peruana” In: CONGRESSO PANAMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL E OCEANICA IPIN, 19., 2005, cidade de Guayaquil. Anais.. Rio de Janeiro: IPIN , 2005. 1 CD-ROM;

METODOLOGIA PARA ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS DE UM NAVIO DE TRANSPORTE DE GÁS NATURAL COMPRIMIDO

Marcelo Ramos Martins

Professor Doutor do Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Universidade de São Paulo - São Paulo - Brasil - e-mail: mrmartin@usp.br

Faustina Beatriz Natacci

Mestre em Engenharia Naval do Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo - São Paulo - Brasil - e-mail: Beatriz.999@gmail.com

Resumo

Com a descoberta de novas reservas de gás nas bacias de exploração de petróleo, a necessidade de seu escoamento se faz imprescindível. As alternativas existentes para o escoamento do gás produzido nas plataformas são, basicamente: gasodutos; navios que transportam GLP - gás liquefeito de petróleo; navios que transportam GNL – gás natural liquefeito; e navios que transportam GNC - gás natural comprimido.

O projeto de navios para transporte de GNC envolve o desenvolvimento de novas tecnologias, visto que não existe, ainda, nenhuma embarcação desse tipo em operação no mundo. Dessa forma, esse projeto é alvo de criteriosa e minuciosa avaliação por parte das sociedades classificadoras e de demais organizações correlatas, onde se inclui a IMO - International Maritime Organization. O aspecto fundamental ressaltado por essas entidades é, indubitavelmente, o risco envolvido nas diversas operações realizadas por esses navios, tanto no carregamento e descarregamento do gás, como quando em viagem, devido às características de armazenamento do produto.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia de análise **preliminar** de riscos a ser empregada na fase inicial da espiral de projeto da embarcação, que deverá ser reavaliada a cada nova fase de desenvolvimento do mesmo. O conceito envolvido na avaliação de riscos visa complementar as etapas de projeto com o único propósito de garantir que os aspectos inovadores das embarcações que transportam gás natural comprimido estejam sendo corretamente investigados. Dessa forma, procura-se garantir, com o maior grau de certeza possível, a operação segura desses navios.

1 – Introdução

Métodos de análise de riscos têm sido vastamente utilizados no desenvolvimento de projetos que manipulam substâncias perigosas, principalmente quando esses projetos são inovadores, onde existe pouco conhecimento prático de experiência operacional. A grande maioria desses métodos é plenamente aplicável aos cenários navais. O mais importante é escolher o método, ou, a combinação de métodos mais adequada à situação que se faz presente. Esse é o caso do projeto de navios para transporte de GNC. Além das tradicionais técnicas determinísticas de projeto, existe a necessidade de uma segurança maior na avaliação dos riscos envolvidos durante as operações de carregamento, transporte e descarregamento realizadas por essa classe de navios. Este trabalho tem o propósito de fazer uma breve apresentação de algumas técnicas de análise e, ao final, sugerir a metodologia considerada mais apropriada para a análise **preliminar** de riscos de um navio para transporte de GNC, a fim de subsidiar seu projeto com decisões baseadas em risco.

2 - Metodologia Utilizada na Análise Preliminar de Riscos

2.1 – Considerações Gerais

Os requisitos mencionados nas referências ABS (2000), ABS (2007), DNV (2002) e IMO (2002) mostram a necessidade da aplicação de técnicas de análise de riscos, já consagradas nas indústrias química, aeroespacial e nuclear, como a tendência a ser seguida na complementação das técnicas de engenharia convencionalmente aplicadas a projetos de navios. Esses guias de projeto, principalmente a referência ABS (2007), citam a obrigatoriedade e os requisitos mínimos necessários referentes ao desenvolvimento de avaliações de risco.

Devido à falta de experiência na operação de embarcações que transportam gás natural comprimido, alguns estudos especiais também devem ser desenvolvidos, com a finalidade de tentar esclarecer pontos desconhecidos. No que dizem respeito a risco, tais estudos compreendem análises específicas de consequência, tais como: dispersão de gases, incêndios, explosões, etc., que só podem ser elaboradas quando o projeto encontra-se melhor detalhado.

A Figura 1 mostra as etapas típicas de desenvolvimento do projeto relacionadas às respectivas avaliações de risco necessárias como requisitos mínimos para aprovação para classificação de embarcações de transporte de GNC.

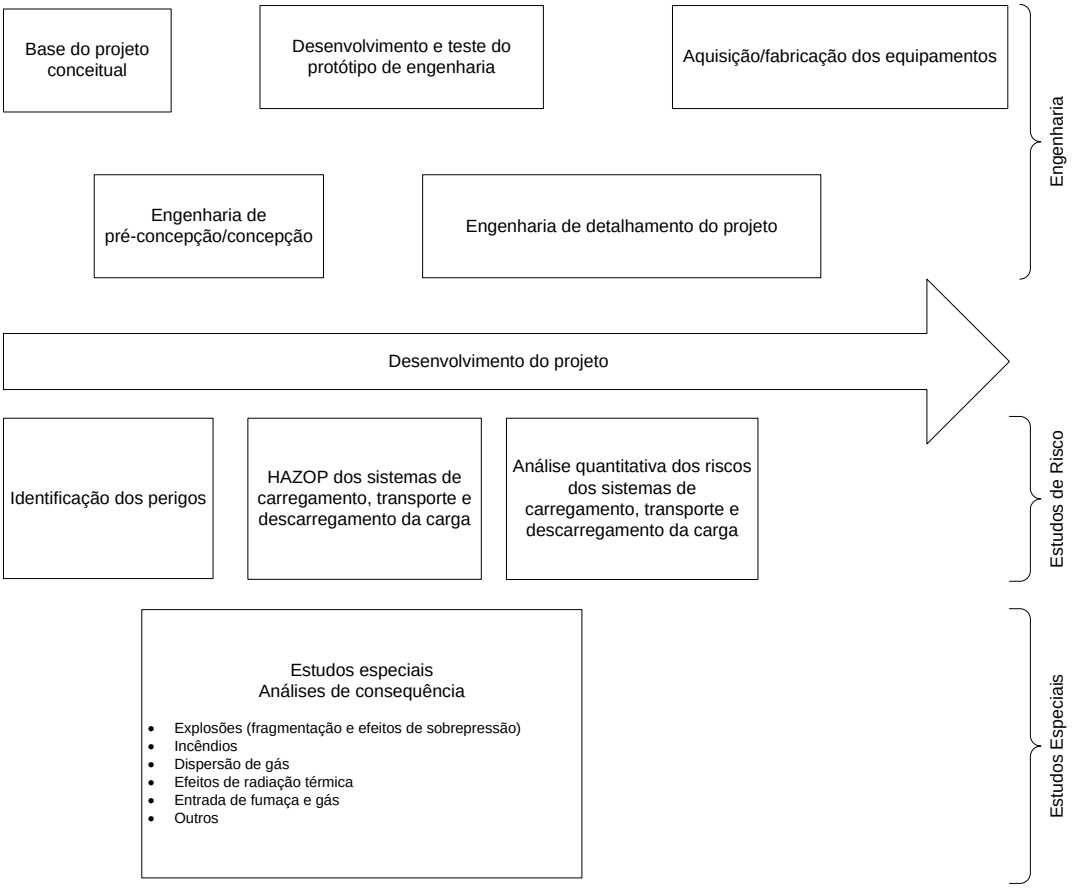


Figura 1 - Processo Típico de Desenvolvimento de Projeto e Estudos de Risco Associados

A referência IMO (2002) apresenta as diretrizes de análise de riscos aplicada especificamente para a área naval como um todo, intitulada: Formal Safety Assessment – FSA, que segue basicamente os mesmos princípios adotados em processos de análises de riscos de outras áreas. A avaliação de riscos é um processo racional e sistemático que procura aumentar a segurança marítima e a proteção do ambiente marinho com o intuito de dar subsídios a opções que conduzam à minimização de riscos potenciais. É um processo que apóia a metodologia determinística usualmente empregada nas regras de classificação de navios, com o intuito de proteger a saúde e a vida, o meio ambiente e a propriedade.

A aplicação da análise de riscos é especialmente relevante em propostas de medidas regulatórias cujas implicações sejam de grande impacto em termos de custos à indústria marítima ou aos encargos administrativos e/ou legislativos delas resultantes. Isto é alcançado por meio de justificativas claras para as medidas regulatórias propostas e por comparações das diferentes opções de medidas a serem adotadas. Esse modelo está em consonância com a filosofia básica da análise de riscos, que é uma ferramenta que propicia transparência e auxilia o processo decisório, além de ser proativa, permitindo a previsão de perigos potenciais com consequente atenuação de riscos de acidentes de grandes proporções. A comparação das regras existentes com regras propostas com base em avaliações de riscos visa o aumento da segurança, abordando considerações técnicas e operacionais, incluindo fatores humanos. As regras propostas devem ser avaliadas pelos órgãos reguladores levando em conta os benefícios advindos em termos de redução de vidas perdidas e/ou de diminuição da poluição marinha em contrapartida aos custos impostos à indústria como um todo e aos demais afetados pelas mudanças.

A metodologia de análise de riscos segue basicamente os passos mostrados na Figura 2 abaixo.

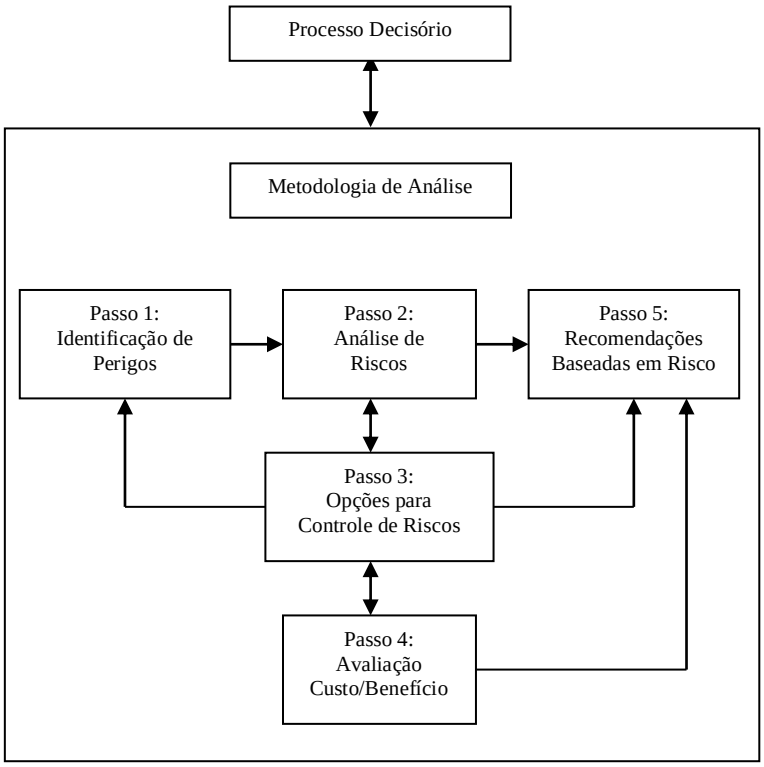


Figura 2 - Fluxograma da Metodologia de Avaliação de Riscos

A referência IMO (2002) menciona ainda que avaliações de riscos não são aplicáveis a todas as circunstâncias e devem ser preferencialmente direcionadas a situações onde existe a necessidade de redução de riscos e as soluções para tal não são claras, necessitando, então, apoiarem-se em medidas mitigadoras e/ou salvaguardas advindas dessas avaliações.

2.2 - Técnicas Utilizadas em Análises de Riscos

O processo de avaliação de riscos de instalações deve basear-se em métodos sistemáticos, onde se procura obter respostas, fundamentalmente, para as seguintes questões:

• Quais eventos indesejáveis devem ser considerados?

• Qual a probabilidade/frequência de ocorrência dos mesmos?

• Qual a gravidade das consequências de tais eventos?

Os eventos indesejáveis devem ser levantados por meio de análise histórica em instalações semelhantes, bem como pela busca exaustiva de todos os possíveis problemas da instalação, busca esta realizada pelos analistas de risco com o auxílio dos projetistas da mesma.

Uma vez levantados os eventos da forma mais completa possível, deve-se proceder à avaliação de suas probabilidades de ocorrência e de suas consequências.

Detectadas probabilidades de ocorrência "perigosamente altas" ou de consequências potenciais inaceitáveis, devem-se introduzir alterações ou dispositivos apropriados que façam com que esse conjugado, frequência - consequência, caia a níveis aceitáveis.

Para isso, o desenvolvimento de análises de risco deve seguir algumas etapas que constituem uma forma de avaliar e melhorar a qualidade da instalação em análise, a saber: caracterização da instalação; identificação dos perigos; identificação dos cenários acidentais; quantificação das consequências de cada cenário; estimativa das frequências de cada cenário; estimativa dos riscos; gerenciamento de riscos; e planejamento de emergência, se necessário.

Deve-se definir claramente o problema a ser abordado e as regras aplicáveis, levando em consideração todos os aspectos relevantes. Especificamente na área naval, deve-se definir:

• a categoria do navio: tipo, comprimento, tonelagem, tipo de carga, projeto existente ou não, etc.;

• os sistemas do navio: propulsão, carregamento/descarregamento, governo, etc.;

• as operações previstas: no porto e em viagem;

• as possíveis influências externas: tráfego, rotas, condições de mar, etc.;

• as categorias de acidentes de interesse: colisão, encalhe, incêndio, explosão, etc.; e

• as categorias de riscos de interesse: a pessoas, ao meio ambiente e/ou à propriedade.

Caracterizado o problema, devem-se buscar as técnicas de análise de risco mais apropriadas à situação. As principais técnicas estão apresentadas a seguir. Muitas delas podem ser utilizadas em diversas etapas das análises de risco, tanto qualitativas quanto quantitativas.

Análise preliminar de perigos (APP): é uma expressão genérica usada para descrever um exercício cujo objetivo é identificar perigos e eventos associados que têm o potencial de resultar em um risco significativo. Por exemplo, a APP de uma instalação de petróleo distante da costa tem o intuito de identificar perigos potenciais que possam resultar em consequências a indivíduos, quantificadas em termos de ferimentos e fatalidades; ao meio ambiente, em termos de derramamento de óleo e consequente poluição; e à propriedade, em termos de perda e/ou atraso na produção ou outros danos econômicos. A técnica de APP pode ser aplicada a toda ou a parte de uma instalação ou embarcação, podendo também ser utilizada para analisar procedimentos operacionais. Dependendo do sistema a ser avaliado e da documentação disponível, o processo usado para se conduzir uma APP pode variar. Usualmente, a instalação avaliada é dividida em sistemas, e a equipe de analistas de riscos deve proceder a sessões exaustivas de discussões (*brainstorming*), para identificar perigos potenciais associados a cada parte do sistema. Esse processo é comumente efetuado com o apoio de uma equipe especializada no projeto e na operação da instalação. Os perigos considerados significativos são priorizados em avaliações mais aprofundadas.

Análise "*What-if...?*": a análise "*What-if*", em português, "E se...?", consiste em uma abordagem que se utiliza de um questionamento amplo e livremente estruturado para postular condições anormais que possam resultar em eventos indesejáveis ou em problemas de funcionamento do sistema, além de sugerir a implementação de salvaguardas apropriadas para a prevenção de tais problemas. Essa técnica apóia-se em uma equipe de peritos que devem gerar uma abordagem abrangente por meio de discussões exaustivas, podendo ser aplicada a qualquer atividade ou sistema. A análise "*What-if*" gera descrições qualitativas dos problemas potenciais, na forma de perguntas e respostas, assim como listas de recomendações para prevenção desses problemas. Ela pode ser empregada a quase todo tipo de instalação, especialmente àquelas com cenários de falhas relativamente simples.

Análise por meio de *checklists*: essa técnica consiste em uma avaliação sistemática, em face de critérios pré-estabelecidos, na forma de uma ou mais listas de perguntas com respostas previamente formatadas. Ela é aplicável a análises detalhadas ou de alto nível e é usada primordialmente para fornecer estruturas para entrevistas, revisões de documentação,

procedimentos operacionais e inspeções de campo da instalação analisada. A técnica gera listas qualitativas de determinações de conformidades e não conformidades, com recomendações para a correção das não conformidades. A análise por meio de *checklists* é frequentemente utilizada como um complemento ou parte integrante de outro método, especialmente para análises "*What-if*", como modo de avaliar aspectos específicos.

Análise de perigos e operabilidade (HAZOP - *hazard and operability study*): essa técnica utiliza-se de palavras guias especiais para fazer com que um grupo de indivíduos experientes no assunto em análise identifique perigos potenciais ou preocupações com a operabilidade de equipamentos ou sistemas. São fixadas palavras guias que visam descrever desvios dos parâmetros de projeto por meio da aplicação de um grupo pré-definido de adjetivos (alto, baixo, não, etc.) a um grupo pré-definido de parâmetros de processo (fluxo, pressão, vazão, composição, etc.). Em seguida, a equipe discute as consequências dos desvios e, se um desvio significativo é identificado, são asseguradas recomendações para implementação de salvaguardas apropriadas a fim de evitar a ocorrência do mesmo. Este tipo de análise é geralmente empregado ao nível de sistema e gera, majoritariamente, resultados qualitativos, apesar de uma quantificação simples também ser possível. O uso fundamental da metodologia HAZOP é a identificação de perigos à segurança e de problemas de operabilidade de processos contínuos de sistemas, especialmente sistemas de processo.

Análise de modos de falha e efeitos (AMFE): é uma abordagem de detecção indutiva que é mais apropriada a avaliações de sistemas mecânicos, elétricos e de processo. Essa técnica não é a mais indicada para análise de condições operacionais navais como trânsito ou segurança geral da embarcação. A AMFE exige que o analista seja o mais detalhista possível a fim de levantar todos os possíveis modos de falhas de componentes que possam resultar em problemas de funcionamento do sistema analisado e assegurar que recursos para compensação apropriados sejam adotados. A AMFE é aplicável a qualquer sistema bem definido e é também utilizada como base para definição e otimização da manutenção planejada de equipamentos, uma vez que o método foca diretamente e individualmente modos de falha dos mesmos. Cabe dizer que essa técnica identifica apenas falhas simples do sistema. O seu desenvolvimento baseia-se na utilização de uma tabela que pode variar em função da necessidade do analista, mas deve conter basicamente as seguintes informações relativas a cada componente do sistema: identificação (*tag*); descrição; função ou funções; modos de falha; causas de cada modo identificado; efeitos de cada modo identificado para o sistema e/ou para toda a instalação; métodos de detecção de cada modo identificado; recursos para

compensação, medidas mitigadoras e/ou salvaguardas para cada modo identificado; e observações necessárias, que podem ser opcionais, podendo exprimir pontos de vista do analista. A AMFE gera descrições qualitativas das falhas potenciais relacionadas ao desempenho de sistemas e equipamentos e pode ser expandida de modo a incluir estimativas de frequência e/ou consequência dos diversos modos de falhas identificados.

Confiabilidade humana: em qualquer tentativa de identificar perigos e avaliar os riscos a eles associados, deve-se considerar integralmente a interface entre os operadores e os sistemas, sempre que houver a possibilidade do homem interferir na segurança da operação. Questões de confiabilidade humana, Human Factors Engineering – HFE, como é comumente encontrada na literatura, podem ser integradas aos métodos de identificação de perigos, avaliação de riscos e determinação de confiabilidade de medidas de segurança. Um entendimento de psicologia humana é essencial quando se estima a efetividade de controles procedimentais e de sistemas de resposta em emergência. Uma lista de erros comuns ou uma auditoria do sistema de gerenciamento para treinamento de operadores são exemplos de métodos usados para abordar o potencial de erro humano e garantir que esse seja controlado. Essa técnica também pode ser apenas qualitativa, como pode ser quantitativa, onde se calcula a probabilidade de ocorrer uma intervenção humana equivocada.

Análise histórica de eventos: é uma técnica que deve sempre ser empregada, pois além de evidenciar perigos potenciais, permite fazer estimativas reais da frequência de ocorrência dos eventos de interesse. Deve-se fazer uma pesquisa exaustiva nas bases de dados disponíveis e avaliar a aplicabilidade e a relevância dos dados obtidos ao estudo a ser desenvolvido. Além disso, devem ser avaliados a qualidade, a exatidão, o tamanho e o tratamento estatístico da amostra de dados disponível. A maior contribuição dessa técnica é fazer com que o analista não esqueça eventos que certamente já ocorreram.

Análise por árvore de eventos: é uma técnica que utiliza árvores de decisão para representar graficamente todas as possíveis sequências acidentais de uma instalação, desde o evento iniciador de acidente de interesse até o estado final da planta. Essa técnica permite fazer uma avaliação qualitativa da evolução de problemas potenciais, bem como uma avaliação quantitativa da frequência de ocorrência dos estados finais identificados. Com isso, é possível verificar a importância relativa das diversas sequências e identificar onde devem ser introduzidas salvaguardas para efetivamente alterar os estados finais e suas consequentes frequências.

Análise por árvore de falhas: é uma técnica de análise dedutiva, onde a construção da árvore começa com a definição do evento topo de interesse, geralmente associado à falha do sistema analisado em uma determinada condição de operação. Podem ser definidos diversos eventos topos para um mesmo sistema, sendo que para cada um, diferentes árvores devem ser construídas. Partindo do evento topo, o desenvolvimento da árvore baseia-se na procura por todas as causas que possam levar à ocorrência deste. Para cada causa, então chamada de evento intermediário, devem-se procurar as respectivas causas e assim sucessivamente, até chegar-se aos eventos básicos da árvore, para os quais não existe desenvolvimento ou não existem dados disponíveis para posterior quantificação, o que vai depender do tipo de análise, qualitativa ou quantitativa. As causas estão ligadas a seu evento por meio de um portão lógico que exprime a lei de como tais causas levam à ocorrência desse evento imediatamente anterior. É importante determinar a abrangência e as premissas adotadas na análise, para que a mesma não fique demasiadamente extensa e complexa, dificultando seu entendimento e futuras revisões que se façam necessárias.

Matriz de riscos: é uma técnica que permite fazer uma avaliação relativa dos riscos associados aos perigos identificados. Essa talvez seja a técnica qualitativa mais simples de ser empregada e com resultados de mais rápida e fácil interpretação para implementação de salvaguardas no projeto. A cada perigo, são associadas uma categoria de frequência de ocorrência e uma categoria de severidade da consequência, obtendo-se a correspondente categoria de risco. A associação de frequências e de severidades pode ser feita de forma qualitativa ou de forma quantitativa; a quantificação é possível quando houver números absolutos disponíveis ou calculados para as mesmas. A partir da classificação de todos os perigos, monta-se a matriz de riscos. Com isso, os analistas, em conjunto com os projetistas, podem então direcionar suas decisões para melhoria da segurança da instalação.

Modelamento de consequências: envolve o uso de métodos analíticos para predição dos efeitos causados por um particular evento de interesse. Alguns exemplos de avaliações necessárias são: cálculo de termos fontes de liberação, de dispersão atmosférica, de explosão, de radiação térmica, de transporte em meios líquidos, etc.. A grande maioria dos modelos de consequências necessita de auxílio computacional para realização de cálculos. A elaboração desses modelos envolve basicamente as seguintes atividades: caracterização das substâncias presentes na instalação ou da energia associada aos perigos identificados; estimativa do transporte dessas substâncias e/ou propagação da energia até o ponto de interesse; determinação dos efeitos desse transporte e/ou propagação de energia; e quantificação dos

impactos no ponto de interesse. Os resultados obtidos nas avaliações de consequências dependem dos objetivos desejados, quais sejam: efeitos a pessoas, contaminação do meio ambiente e/ou riscos financeiros. Entretanto, é dada mais ênfase às consequências à população alvo, por meio da quantificação do valor esperado de lesões e fatalidades decorrentes da operação da instalação analisada. Pode-se dizer que o modelamento de consequências é uma técnica muito complexa e dispendiosa. A referência ABS (2007) classifica as avaliações de consequências como estudos especiais a serem desenvolvidos na fase de projeto de detalhamento.

Análise de sensibilidade: é uma técnica utilizada apenas em análises quantitativas onde, por meio da variação dos parâmetros assumidos, verifica-se a influência nos resultados finais. Isso pode ser bastante útil quando existe uma incerteza considerável nos dados e hipóteses. Outro benefício da técnica é demonstrar a eficácia de medidas mitigadoras propostas, por meio da comparação dos níveis de risco obtidos antes e após a adoção de tais medidas.

Finalmente, deve-se frisar que quaisquer que sejam as técnicas empregadas na avaliação de riscos, os documentos utilizados como base para análise devem ser claramente referenciados, de forma a permitir total rastreabilidade das informações assumidas e dos resultados obtidos.

2.3 – Metodologia para Análise Preliminar de Riscos do Navio para Transporte de GNC

Muito se fala em valores de risco, metas a serem atingidas, critérios quantitativos de risco, etc., entretanto, é dada pouca atenção ao passo inicial das análises de riscos, uma vez que as técnicas são bastante difundidas e, de certa forma, não exigem cálculos nem modelos matemáticos complicados. Enquanto a quantificação de riscos exige programas computacionais "pesados" para cálculo de consequências e envolve modelos analíticos e empíricos intrincados, a identificação de perigos quase nada requer, além de tempo e determinação. Entretanto, é essa etapa que direciona toda a análise e é onde o analista de risco deve concentrar seus esforços para ser o mais abrangente e detalhista possível. Omissões nessa fase podem levar ao comprometimento dos resultados finais.

Uma vez que os perigos inerentes à instalação são a principal fonte de eventos iniciadores de acidentes, as análises que visem entender exposições a riscos devem começar pelo entendimento dos mesmos. Apesar de a identificação de perigos, na maioria das vezes, não fornecer informações diretamente aplicáveis para a tomada de decisões, ela configura uma etapa decisiva. Por vezes, a identificação de perigos é explicitamente realizada com a

utilização de técnicas estruturadas. Outras vezes, geralmente quando os perigos são amplamente conhecidos, sua identificação torna-se uma atividade implícita, e não sistematicamente realizada, o que não é recomendável.

Toda identificação de perigos tem início com o estudo detalhado da instalação a ser analisada. Nesse momento, dever haver uma interação constante entre a equipe responsável pela análise de riscos e a equipe de projeto da instalação. Mais especificamente, quando se trata de um navio, deve-se proceder a um *brainstorming* quanto aos sistemas que compõem o navio e possíveis problemas já identificados, para que perigos conhecidos não sejam esquecidos. Como a equipe de análise não tem conhecimentos específicos de todas as instalações que analisa, a participação dos projetistas da embarcação é fundamental.

Dado o caráter único do projeto do navio para transporte de GNC e de seu desenvolvimento ainda não totalmente consolidado, deve-se ressaltar, mais uma vez, que a análise de risco desenvolvida deve acompanhar a evolução da espiral de projeto da embarcação. Em outras palavras, a cada novo ciclo do projeto, a análise deve ser revista e aprofundada. Em função do nível de documentação disponível, pode-se caminhar da análise qualitativa para a análise quantitativa de riscos, onde podem ser calculados valores de risco, tais como: risco individual, risco social, risco financeiro, etc., dependendo do objetivo almejado com a análise. Outra ressalva importante é que, independentemente do objetivo, a cada nova revisão da análise sempre há a realimentação do projeto com subsídios de segurança, confiabilidade e disponibilidade para a operação da embarcação.

Como já mencionado, a escolha das técnicas a serem utilizadas depende, fundamentalmente, do estágio do projeto da instalação, do nível de detalhamento desejado na análise e dos recursos disponíveis para sua execução. Face às diretrizes constantes na referência ABS (2007), específica para navios de transporte de gás natural comprimido, em consonância com outras referências da área naval: IMO (2002), ABS (2000) e DNV (2002), e devido à falta de experiência na operação de navios desse tipo, pode-se afirmar que a análise a ser elaborada deve ser qualitativa, onde a técnica mais indicada para a identificação de perigos é a APP - análise preliminar de perigos, seguida da elaboração da matriz de riscos para compor a análise preliminar de riscos do navio para transporte de GNC.

O objetivo da APP é identificar da forma mais completa possível todos os perigos inerentes à operação do navio, considerando a definição do problema, e priorizar aqueles cuja percepção de risco pareça mais significativa. A idéia inicial é verificar se existem perigos que possam inviabilizar ou comprometer o projeto em desenvolvimento e ressaltar áreas que devam ser

objeto de constante atenção ao longo das diversas fases de projeto. A APP deve servir também como um registro dos perigos e riscos associados, com acompanhamento e rastreabilidade, até a aprovação final do projeto pela classificadora.

A APP deve abordar os principais sistemas do navio e respectivas interfaces, tais como: arranjo geral; sistemas de contenção; sistemas de manipulação da carga; sistemas de segurança; sistemas de potência; estruturas; propulsão e governo e manobra. A análise deve considerar as diversas condições operacionais do navio ao longo de sua vida útil, incluindo: carregamento, descarregamento, trânsito, docagem, partida e parada. A APP utiliza uma tabela como a apresentada na Tabela 1 para sua elaboração.

Tabela 1 – Tabela Utilizada na Elaboração da Análise Preliminar de Perigos

Sistema:				**Documentos de Referência:**				
Nº	**Perigo**	**Causas**	**Consequências**	**F**	**S**	**R**	**Medidas Preventivas ou Corretivas**	**Salva-guardas**
1		•	•				•	•
2		•	•				•	•
3		•	•				•	•

O primeiro passo no preenchimento das tabelas de APP deve ser a identificação da instalação e do sistema em análise. Os documentos de referência utilizados devem estar claramente discriminados de modo a permitir total rastreabilidade das informações, sejam eles fluxogramas, memoriais descritivos, memoriais de cálculo, etc..

Os perigos devem ser enumerados e perfeitamente descritos. As causas devem ser averiguadas e associadas às respectivas consequências. Devem ser avaliadas as medidas preventivas, corretivas e salvaguardas existentes no projeto, bem como outras passíveis de serem incorporadas.

Esse processo deve ser exaustivo e, embora pareça simples, requer atenção e muito tempo para execução. A cada nova fase de projeto, a APP deve ser refeita, onde devem ser verificadas se as sugestões de melhorais advindas da fase anterior foram incorporadas. Esse processo deve ser sucessivamente repetido, até que os perigos de maior relevância tenham sido corretamente abordados.

Para cada perigo identificado, deve-se proceder, então, à associação das categorias de frequência de ocorrência (F) e de severidade das consequências (S) e, em correspondência, de risco (R). Ao final da associação das classes de risco, é possível montar a matriz de riscos.

Vale dizer que a literatura existente sobre análise de riscos apresenta variações nas classificações de frequência e severidade. Para este trabalho, foram admitidas classificações mais detalhadas, principalmente quanto a frequências. Havendo necessidade, poderá ser feito um agrupamento em classes mais amplas, a critério das equipes envolvidas no subsídio de informações para classificação. As tabelas 2, 3, 4 e 5 apresentadas abaixo detalham as categorias de frequência de ocorrência (F), as categorias de severidade de consequências (S), as categorias de risco (R) e a matriz de riscos, respectivamente.

Tabela 2 - Categorias de Frequência de Ocorrência

F	Categorias	Frequência (*)	Descrição
A	Extremamente Remota	Inferior a 1 em 10^6 anos	Conceitualmente possível, mas extremamente improvável de ocorrer durante a vida útil da instalação. Não há referências históricas de ocorrência.
B	Remota	Entre 1 em 10^4 anos e 1 em 10^6 anos	Não esperado que ocorra durante a vida útil da instalação, apesar de já poder ter ocorrido em algum lugar no mundo.
C	Improvável	Entre 1 em 10^2 anos e 1 em 10^4 anos	Possível de ocorrer até uma vez durante a vida útil da instalação.
D	Provável	Entre 1 por ano e 1 em 10^2 anos	Esperado ocorrer poucas vezes durante a vida útil da instalação.
E	Frequente	Superior a 1 por ano	Esperado ocorrer muitas vezes durante a vida útil da instalação.

(*) As faixas de frequência fornecidas são apenas valores de referência.

Tabela 3 - Categorias de Severidade das Consequências

S	Categorias	Descrição/Características	
		Segurança Pessoal	Segurança das Instalações
I	Desprezível	Sem lesões/mortes de funcionários ou de terceiros (apenas primeiros socorros ou tratamento médico menor).	Sem danos ou danos insignificantes aos equipamentos ou instalações.
II	Marginal	Lesões leves em funcionários ou em terceiros.	Danos leves aos equipamentos ou instalações (danos controláveis e/ou de baixo custo de reparo).
III	Crítica	Lesões de gravidade moderada em funcionários ou em terceiros (probabilidade remota de morte de funcionários e/ou terceiros).	Danos severos a equipamentos ou instalações.
IV	Catastrófica	Mortes ou lesões graves em uma ou mais pessoas (em funcionários e/ou em terceiros).	Danos irreparáveis a equipamentos ou instalações (reparo lento ou impossível).

Tabela 4 - Categorias de Risco

R	Categorias de Risco	Descrição
NC	Não Crítico	O risco é considerado aceitável, sem necessidade de medidas adicionais.
M	Moderado	O risco é considerado aceitável quando mantido sob controle. Controles adicionais devem ser avaliados e implementados aplicando-se análise de custo/benefício para avaliar alternativas disponíveis, de forma a se obter uma redução adicional dos riscos.
C	Crítico	O risco é considerado não aceitável com os controles existentes. Métodos alternativos devem ser considerados para reduzir a probabilidade de ocorrência e/ou as consequências a níveis tão baixos quanto factíveis.

Tabela 5 – Definição da Matriz de Riscos: Associação entre as Categorias de Frequência, de Severidade e de Risco

		FREQUÊNCIA				
		A	B	C	D	E
SEVERIDADE	IV	**M**	**M**	**C**	**C**	**C**
	III	**NC**	**M**	**M**	**C**	**C**
	II	**NC**	**NC**	**M**	**M**	**M**
	I	**NC**	**NC**	**NC**	**NC**	**M**

Uma vez elaborada a matriz de risco, deve-se fazer uma criteriosa avaliação dos resultados. Os perigos correspondentes a riscos classificados como não críticos não necessitam de maiores investigações, pois correspondem a eventos cujas sequências acidentais resultam em estados finais que não comprometem a operação segura da instalação. Os perigos correspondentes a riscos classificados como moderados, embora não levem a condições críticas de operação, merecem uma análise mais detalhada, a fim de identificar possíveis medidas que levem à diminuição do risco. Os perigos correspondentes a riscos classificados como críticos devem, obrigatoriamente, passar por uma investigação criteriosa, onde se faz necessária a introdução de melhorias no projeto, quer seja pela alteração do projeto existente, quer seja pela adoção de medidas mitigadoras e/ou salvaguardas. Vale ressaltar que o enfoque de todas as conclusões obtidas com as técnicas aqui apresentadas relaciona-se a risco; não é do escopo de análises de riscos verificar o não cumprimento de requisitos operacionais.

3 - Conclusões

Este trabalho apresentou aspectos gerais a serem seguidos em análises de risco, dando ênfase às análises direcionadas ao projeto de embarcações para transporte de gás natural comprimido. Foram apresentadas técnicas usualmente empregadas e aceitas por órgãos reguladores de diferentes áreas, tais como: nuclear, meio ambiente, indústria química e, de

aplicação recente, porém de especial interesse para este trabalho, da área naval, que envolve sociedades classificadoras e, principalmente, a IMO - International Maritime Organization.

É muito importante frisar que a elaboração de avaliações de risco depende primordialmente do nível de informações disponíveis. A confiabilidade das conclusões extraídas dos estudos é diretamente proporcional à quantidade de informações disponíveis por ocasião da realização das análises. A interação entre a equipe responsável pelo projeto e a equipe de análise de risco também é necessária para garantir resultados consistentes e permitir realimentação positiva do projeto. Em realidade, a análise de riscos deve seguir as mesmas etapas da espiral de projeto, sempre dando subsídios para que este caminhe a favor da segurança, minimizando a ocorrência de cenários acidentais, tanto pela diminuição da frequência de ocorrência de eventos indesejáveis, quanto pela mitigação de consequências inaceitáveis.

Particularmente para navios para transporte de GNC, uma vez que não há navios semelhantes em operação no mundo, não se dispõe de dados adquiridos de experiência de operação nem de avaliação histórica de acidentes. Isso implica na impossibilidade de aplicação de algumas técnicas de análise de risco. Para que a elaboração da análise preliminar de riscos para navios tanque de GNC seja objetiva, recomenda-se adotar, entre todas as técnicas disponíveis, a técnica de analise preliminar de perigos seguida da elaboração da matriz de risco. Essas técnicas mostram-se práticas e eficazes em função do nível de informações disponível para o projeto em questão. A matriz de riscos permite visualizar os eventos de maior impacto para a segurança da embarcação, onde devem ser implementadas alterações de projeto e/ou previstas salvaguardas e medidas mitigadoras, fundamentando decisões baseadas em risco.

4 - Documentos de Referência

ABS - AMERICAN BUREAU OF SHIPPING. **ABS Guidance Notes on Risk Assessment Applications for the Marine and Offshore Oil and Gas Industries**. June 2000.

ABS – AMERICAN BUREAU OF SHIPPING. **ABS Guide for Vessels Intended to Carry Compressed Natural Gases in Bulk**. April 2005, Updated July 2007.

DNV - DET NORSKE VERITAS. **Marine Risk Assessment**. 2002.

IMO - INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. **Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for Use in the IMO Rule-making Process**. April 2002.

ACOPLAMIENTO NO LINEAL PARA MOVIMIENTOS INESTABLES DE UN BUQUE EN MAR DE FRENTE: ANÁLISIS DE BIFURCACIÓN Y EROSIÓN DE BACIAS DE ATRACCIÓN

Marcelo A. S. Neves
LabOceano, COPPE/UFRJ
Rio de Janeiro, Brasil

Jerver E. Mañuico Vivanco
COPPE/FRJ
Rio de Janeiro, Brasil

Claudio A. Rodríguez
LabOceano, COPPE/UFRJ
Rio de Janeiro, Brasil

RESUMEN

La resonancia paramétrica en mar de frente puede llevar a grandes ángulos de rolido en pocos ciclos, con acoplamientos importantes de este modo con arfada y cabeceo. El presente trabajo investiga a fondo la esencia de las características dinámicas que gobiernan los acoplamientos complejos de los tres modos (arfada, rolido, y cabeceo) en la primera región de inestabilidad de los límites de estabilidad. Son empleados diagramas de bifurcación y mapeo de Poincaré para investigar el aparecimiento de la intermitencia, multiestabilidad, y caos asociados con el incremento de los valores de la amplitud de la ola. También es abordada la erosión de las bacías de atracción del sistema acoplado, para un conjunto de condiciones iniciales.

INTRODUCCIÓN

En estudios previos Neves y Rodríguez (2005, 2006), han introducido un modelo matemático de acoplamientos no lineares entre los modos rolido, arfada y cabeceo, y con términos definidos hasta tercera orden [1, 2]. Usando este modelo, ellos investigaron la ocurrencia de la resonancia paramétrica en mar de frente, para embarcaciones pesqueras de pequeño porte. Ellos mostraron por medio de simulaciones numéricas, la existencia de una fuerte dependencia de la respuesta en rolido en mar de frente, de las condiciones iniciales [4].

Con el fin de investigar los cambios cuantitativos y cualitativos del rolido paramétrico con respecto a la frecuencia de sintonía y de la amplitud de la ola, Neves y Rodríguez (2007a, b) propusieron el cálculo de mapeos analíticos y numéricos, representando los límites de estabilidad del sistema acoplado [3,4]. El mapeo numérico contiene información no solo de los límites del movimiento estable, sino también sobre la amplitud de la respuesta de rolido en la región completa de la amplificación paramétrica.

El presente trabajo investiga a fondo las características dinámicas esenciales que gobiernan los acoplamientos complejos de los tres modos restaurados en algunas regiones del mapeo numérico presentado por Neves y Rodríguez (2007b). Un análisis más detallado puede ser encontrado en [5]. Los diagramas de bifurcación y el mapeo de Poincaré son empleados para investigar el aparecimiento, para el incremento de valores de la amplitud de la ola, fenómenos como intermitencia, multiestabilidad, y como también el caos, [6]. El importante problema de la erosión de las bacías de atracción para un sistema acoplado para algunas condiciones de mar, y para un conjunto de condiciones iniciales también es abordado.

ECUACIONES DE MOVIMIENTO

Empleando las series de expansión de Taylor definidas hasta el tercer orden, Neves y Rodríguez (2005, 2006) expresaron las acciones de restauración en los modos acoplados en arfada, rolido y cabeceo [1, 2]. Acciones de la ola fueron tomadas en consideración no sólo la consideración linear de Froude-Krilov, más la función de las fuerzas de difracción de primera orden, sino también en términos de segunda y tercera orden resultados del cambio volumétrico del casco sumergido debido al movimiento vertical y efectos del paso de la ola.

El modelo corresponde a una extensión, en orden de no-linealidades y en los niveles de acoplamiento, del modelo introducido por Paulling y Rosenberg (1959) y Paulling (1961), [7, 8]. Las ecuaciones no lineales de arfada, rolido y cabeceo son tomadas aquí en la forma explícita descrita en detalle en [1, 2]:

$$\begin{aligned}&(m+Z_{\ddot{z}})\ddot{z}+Z_{\dot{z}}\dot{z}+Z_{\ddot{\theta}}\ddot{\theta}+Z_{\dot{\theta}}\dot{\theta}+Z_z z+Z_\theta\theta+\frac{1}{2}Z_{zz}z^2+\frac{1}{2}Z_{\phi\phi}\phi^2+\frac{1}{2}Z_{\theta\theta}\theta^2+Z_{z\theta}z\theta+\frac{1}{6}Z_{zzz}z^3\\&+\frac{1}{2}Z_{zz\theta}z^2\theta+\frac{1}{2}Z_{\phi\phi z}\phi^2 z+\frac{1}{2}Z_{\phi\phi\theta}\phi^2\theta+\frac{1}{2}Z_{\theta\theta z}\theta^2 z+\frac{1}{6}Z_{\theta\theta\theta}\theta^3+Z_{\varsigma}(t)+Z_{\varsigma\theta}(t)\theta+Z_{\varsigma z}(t)z+\\&Z_{\varsigma zz}(t)z^2+Z_{\varsigma z\theta}(t)\theta+Z_{\varsigma\theta}(t)z\theta+Z_{\phi\phi\varsigma}(t)\phi^2+Z_{\theta\theta\varsigma}(t)\theta^2=Z_w(t)\end{aligned}\qquad(1)$$

$$\left(J_{xx}+K_{\ddot{\phi}}\right)\ddot{\phi}+K_{\dot{\phi}}\dot{\phi}+K_{\dot{\phi}|\dot{\phi}|}\dot{\phi}\left|\dot{\phi}\right|+K_{\phi}\phi+K_{z\phi}z\phi+K_{\phi\theta}\phi\theta+\frac{1}{2}K_{zz\phi}z^2\phi+\frac{1}{6}K_{\phi\phi\phi}\phi^3+$$
$$\frac{1}{2}K_{\theta\theta\phi}\theta^2\phi+K_{z\phi\theta}z\phi\theta+K_{\varsigma\phi}(t)\phi+K_{\varsigma\phi}(t)\phi+K_{\varsigma\varsigma\phi}(t)\phi+K_{\varsigma z\phi}(t)z\phi+K_{\varsigma\phi\theta}(t)\phi\theta=0 \quad (2)$$

$$\left(J_{yy}+M_{\ddot{\theta}}\right)\ddot{\theta}+M_{\dot{\theta}}\dot{\theta}+M_{\ddot{z}}\ddot{z}+M_{\dot{z}}\dot{z}+M_{Z}z+M_{\theta}\theta+\frac{1}{2}M_{zz}z^2+\frac{1}{2}M_{\phi\phi}\phi^2+\frac{1}{2}M_{\theta\theta}\theta^2+$$
$$M_{z\theta}z\theta+\frac{1}{6}M_{zzz}z^3+\frac{1}{2}M_{zz\theta}z^2\theta+\frac{1}{2}M_{\phi\phi z}\phi^2z+\frac{1}{2}M_{\phi\phi\theta}\phi^2\theta+\frac{1}{2}M_{\theta\theta z}\theta^2z+\frac{1}{6}M_{\theta\theta\theta}\theta^3+ \quad (3)$$
$$M_{\varsigma}(t)z+M_{\varsigma\theta}(t)\theta+M_{\varsigma\varsigma z}(t)z+M_{\varsigma zz}(t)z^2+M_{\varsigma zz}(t)z^2+M_{\varsigma\varsigma\theta}(t)\theta+M_{\varsigma z\theta}(t)z\theta+$$
$$M_{\phi\phi\varsigma}(t)\phi^2+M_{\theta\theta\varsigma}\theta^2=M_{w}(t)$$

En el lado izquierdo de las ecuaciones (1-3), los términos de masa adicional y el amortiguamiento de la ola son asumidos como lineales. Y es considerado cuadrático el amortiguamiento en rolido en la ecuación (2). La fuerza y momento son asociados con las variables z,ϕ,θ y la elevación de la ola $\zeta(t)$ corresponde a los términos lineales no-cero y no lineales (hasta tercera orden), términos debido a los efectos hidrostáticos y la presión de la ola, efectos analíticamente derivados por Neves y Rodríguez (2005, 2006) [1, 2], dependientes de las características del casco y la amplitud de la ola, frecuencia y el tiempo. En el lado derecho de las ecuaciones (1-3), $[Z_W(t) \quad K_W(t) \quad M_W(t)]^T$ representa la excitación lineal de la ola, debido a la incidencia de la ola, considerando en particular en este trabajo $K_W=0$ asumido en la ecuación (2). Donde todos los coeficientes en las ecuaciones (1-3) son conocidos, este conjunto de 3 ecuaciones son integrados numéricamente de manera directa.

SIMULACIÓN NUMÉRICA

Las simulaciones numéricas son realizadas para el caso de un barco pesquero denominado TS, Ver Fig. 1 y tabla 1. La resonancia paramétrica para este barco pesquero fue examinada experimental y numéricamente en detalle en las referencias [1, 2, 9]. Figuras 2 y 3 muestran la comparación de la simulación numérica obtenidos utilizando las ecuaciones (1-3), con resultados experimentales para dos condiciones de frecuencia y velocidades de avance del barco, en ambos casos la frecuencia de encuentro es igual a dos veces la frecuencia natural en rolido, como corresponde exactamente a la sintonía de Mathieu en la primera región de inestabilidad, $w_e/w_{n4}=2.0$. Las comparaciones permiten concluir que el

modelo matemático tiene una buena correspondencia para modelar el rolido paramétrico intenso.

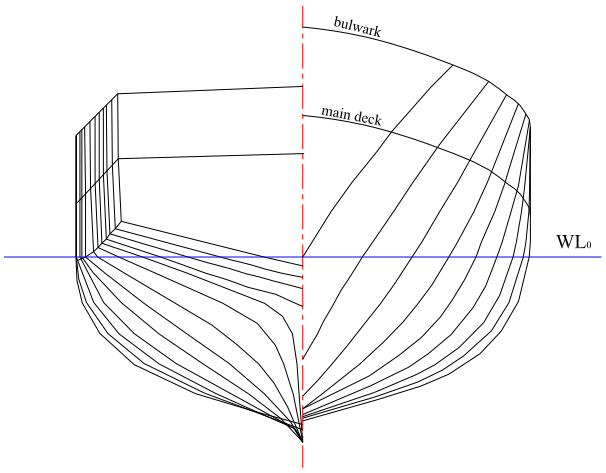


Fig.1 Forma del casco transom stern (TS), barco pesquero.

Tabla 1- Principales características del barco

Denominación		**barco TS**
Eslora total	[m]	25.91
Eslora entre perpendiculares	[m]	22.09
Manga	[m]	6.86
Puntal	[m]	3.35
Calado	[m]	2.48
Desplazamiento	[ton]	170.3
Radio longitudinal de giro	[m]	5.52
Altura metacéntrica	[m]	0.37

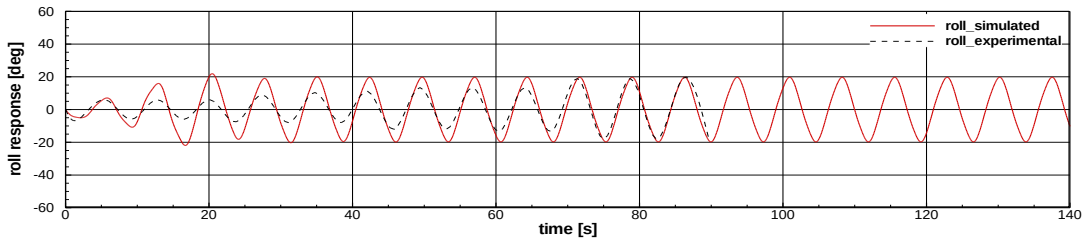


Fig. 2 Movimiento de rolido, Fn= 0.20, Aw = 0.60 m, $w_e / w_{n4} = 2.0$.

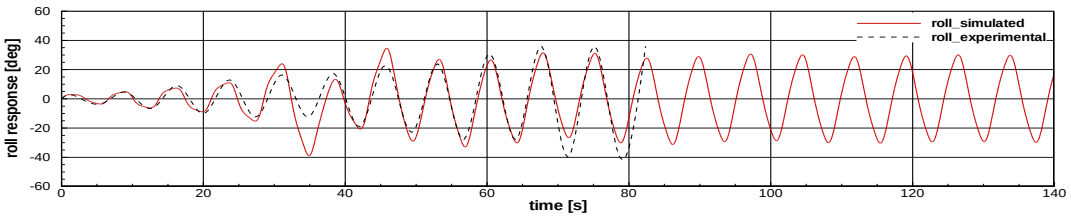


Fig. 3 Movimiento de rolido, Fn =0.30, Aw = 0.78 m, $w_e / w_{n4} = 2.0$.

LÍMITES DE ESTABILIDAD NUMÉRICO

Es necesario la investigación del rolido paramétrico no solo en la sintonía exacta de $w_e / w_{n4} = 2.0$, de hecho, para amplitudes largas deberían ser tomados en un espectro amplio de frecuencias de excitación. En orden a la comprensibilidad investigada en regiones de inestabilidad, Neves y Rodríguez (2007b) [3], propusieron mapas de fronteras de estabilidad computacionalmente calculados, el cual tiene la capacidad de indicar no solo la frontera de estabilidad, también contiene información de la amplitud de la respuesta de rolido en toda la región de la amplificación paramétrica. La figura 4 muestra los limites de estabilidad correspondiente a la primera región de inestabilidad. El mapeo es construido por medio del cálculo de las amplitudes de rolido para diferentes frecuencias de encuentro y amplitudes de ola. Todos los puntos del mapa son calculados para Fn=0.30 y para el mismo conjunto de condiciones iniciales: $z_0 = 0.0\,\text{m}$, $\dot{z}_0 = 0.01\,\text{m/s}$, $\phi_0 = 2\,\text{deg}$, $\dot{\phi}_0 = -0.5\,\text{deg/s}^2$, $\theta_0 = 0.0\,\text{deg}$, $\dot{\theta}_0 = 0.01\,\text{deg/s}$. La intensidad final de la amplitud de rolido es indicado por una escala de colores colocada en el lado derecho de la figura.

Cuatro características importantes de los límites de estabilidad son:

- El aparecimiento de fronteras superiores, indicando que para el incremento de la amplitud de la ola, la respuesta del rolido paramétrico no necesariamente aumenta, de hecho, la tendencia es la de desaparecer.
- Una general tendencia del área de inestabilidad es inclinarse a la derecho, indicando que para la exacta sintonía $w_e / w_{n4} = 2.0$, no es necesariamente la sintonía con fuertes amplitudes.
- Ligero aumento de la amplitud de rolido bajo este nivel de frontera, abismalmente decrece encima de la frontera.

- La frontera superior con geometría fractal.

Los dos últimos puntos característicos, fuera de las complejidades y complicaciones demandan más investigación. Un mayor discusión detallado de futuros trabajos pueden ser encontrados en [4]. En la próxima sección, algunas herramientas numéricas de la dinámica no lineal serán empleados intentandose dar claridad a estos tópicos.

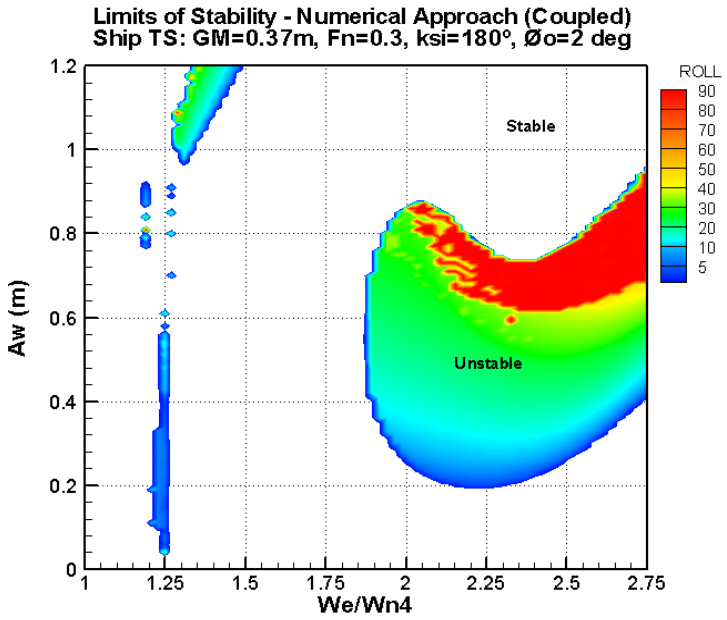


Fig. 4 Limites de estabilidad, Barco TS, Fn=0.30.

BIFURCACIONES

En la figura 4, todos los espectros de las frecuencias fueron explorados para Fn=0.30. Es notado que diferentes características son percibidas. Ahora es conveniente a tener un alto conocimiento de las características dinámicas cuando el parámetro de la amplitud de la ola A_W es incrementado. Si anteriormente nosotros estuvimos más interesados en los límites de estabilidad, ahora nosotros queremos saber lo que pasa dentro del dominio de la región de inestabilidad. Para ese estudio, nosotros podemos seguir una línea vertical en la sintonía de $w_e / w_{n4} = 2.0$, indicado en la figura 4. Justamente, usando el parámetro A_W, obtenemos el diagrama de bifurcación [10] para el movimiento de rolido, es desarrollado para el mismo conjunto de condiciones iníciales usados en la mapa de los límites de estabilidad. Esto es mostrado en la Figura 5. Los puntos del diagrama de bifurcación en la cual se

distinguen rangos para la amplitud de la ola, cualitativa y cuantitativa tipos de respuesta son notados. Estos distintos resultados pueden ser resumidos como se muestra en la tabla 2.

Dos características no observados en los límites de estabilidad numéricos, son revelados en el análisis de bifurcación. La primera es la intermitencia. Y un segundo pequeño rango de A_W aparece la solución con 3 periodos que en el fin de este rango se nota el aparecimiento de la interrupción de soluciones no periódicas, esto es ilustrado en la figura 6, como muestra la serie temporal de rolido, el correspondiente diagrama de fase (espacio de fase) y el mapa de Poincaré para *Aw=0.6129 m*.

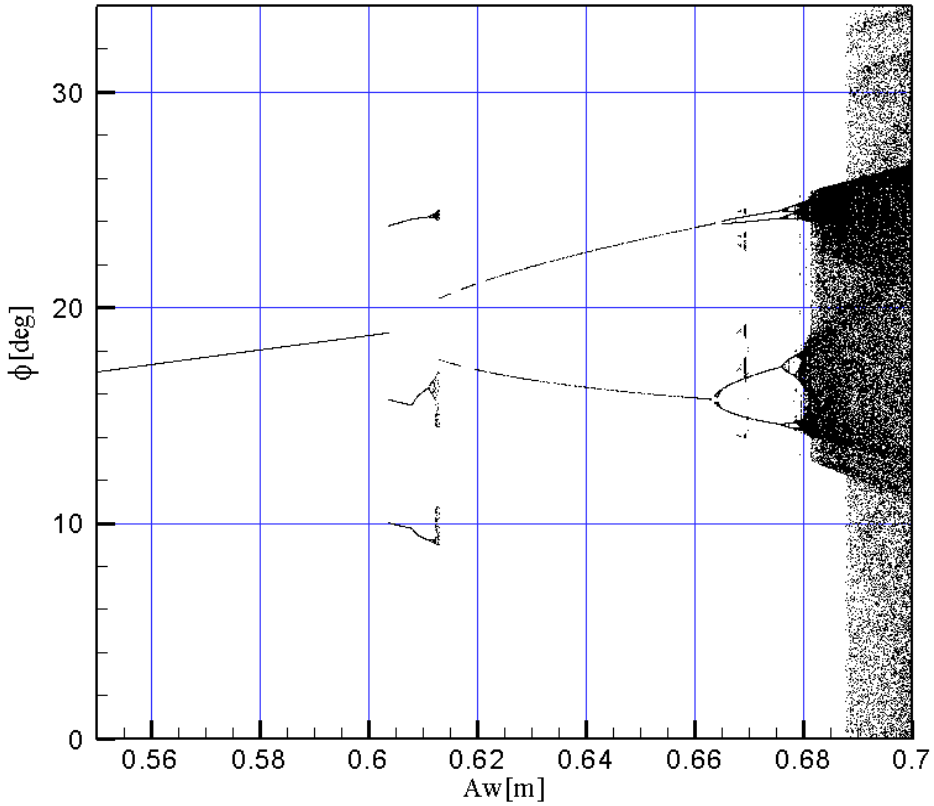


Fig. 5 Bifurcación rolido, Fn=0.30.

Tabla 2. Bifurcaciones para Fn=0.30, w_e/w_{n4}=2.0

Rango de Aw (m)	**Tipo de respuesta de rolido**
0.0000 - 0.6036	Típicamente lineal
0.6037 - 0.6129	Coexistencia de atractores, periodo-3, intermitencia
0.6130 - 0.6626	Multiestabilidad, periodo-1
0.6627 - 0.6758	Multiestabilidad, periodo-2

0.6759 - 0.6782	Multiestabilidad, periodo-4
0.6783 - 0.67881	Multiestabilidad, periodo-8
0.67882 - 0.7000	Caos

La segunda característica interesante es la multiestabilidad. Esta característica dinámica aparece inmediatamente después de ocurrida la intermitencia. El diagrama de bifurcación da la impresión de que el movimiento ha migrado a una solución de periodo-2, pero este no es el caso. De hecho, las soluciones en el tercer rango de Aw son de periodo-1, pero las soluciones alternan de un **atractor** a otro que este situado cerca para cada nuevo valor del parámetro Aw. Esto es ilustrado en las Figuras 7 y 8. Subsecuentemente, la bifurcación tipo **flip** tomara lugar en paralelo con la multiestabilidad. Las soluciones de Periodos-2, 4 y 8 aparecerán en secuencia, terminando en el caos. Esto se muestra en las Figuras 9-11.

BACIAS DE ATRACCIÓN

Dada la complejidad observada previamente en el análisis de la bifurcación, que fue realizada para ciertas condiciones iniciales, será apropiado investigar la evolución de las bacías de atracción para el mismo parámetro, la amplitud de onda.

Las bacías de atracción se definen para un conjunto de condiciones iniciales, [11]. En el presente cálculo, se consideró condiciones iniciales espaciadas regularmente 120x80 ($\Delta\phi = 1\text{deg}; \Delta\dot{\phi} = 1\text{deg}/seg$). La Figura 12(a) muestra la bacía de atracción correspondiente a las simulaciones de rolído decrecen en mares tranquilos. (Aw=0.0 m).

Cuando el mar de frente excita al navío, se da un marcado crecimiento en la bacía de atracción, como se muestra en las figures 12(b), 12(c) y 12(d). Se cree que esto es debido a que la amplitud de ola dependiente, incrementa la rigidez introducida por el acoplamiento no-lineal, como lo muestran Neves y Rodríguez (2007b) en [4]. Pero, como se muestra en la Figura 12(d) para Aw=0.5m, las áreas locales con geometría fractal empiezan a erosionar la bacía de atracción. En la Figura 12(d) (Aw=0.5 m) se aprecia que la bacía de atracción, en su totalidad, es aun mas grande que en los casos anteriores. Este doble fenómeno de incremento de erosión fractal con un crecimiento en otras áreas de la misma bacía persiste, como se ve en la figura 12(e), hasta amplitudes cercanas a Aw=0.7 m, tal como se muestra en la Figura 12(f). Las amplitudes de rolido son progresivamente mayores. Pero ahora la

erosión fractal es dominante, como en la Figura 12(g) y la destrucción de la bacía de atracción se observa para Aw=0.8 m, Figura 12(g).

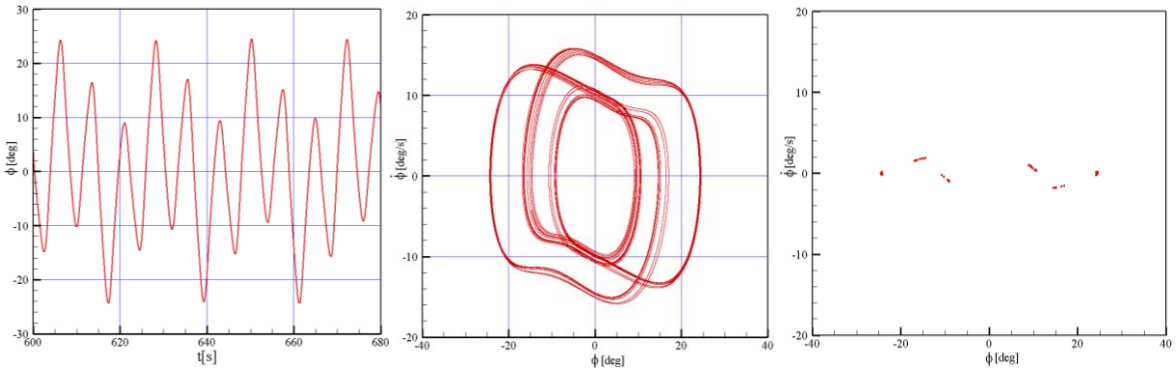


Fig. 6 Serie temporal rolido, espacio de fase y mapa de Poincaré, Aw=0.6129 m. Intermitencia.

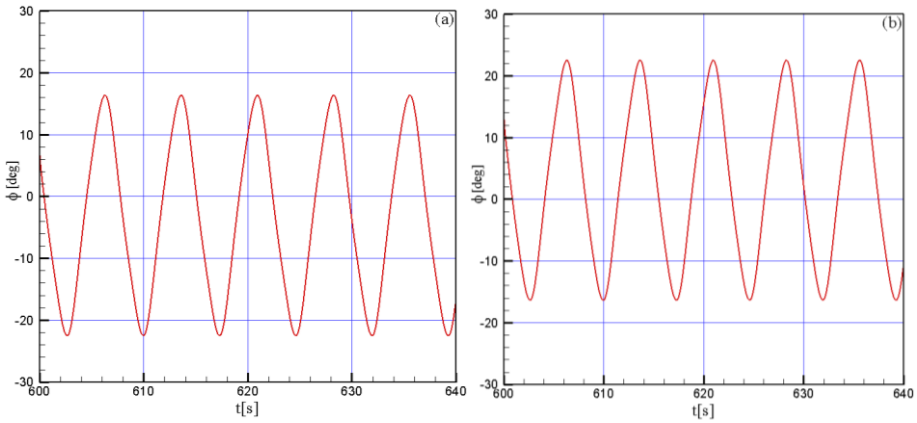


Fig. 7 Serie temporal rolido: (a) Aw=0.639 m, (b) Aw=0.6391 m. Multiestabilidad para dos puntos próximos.

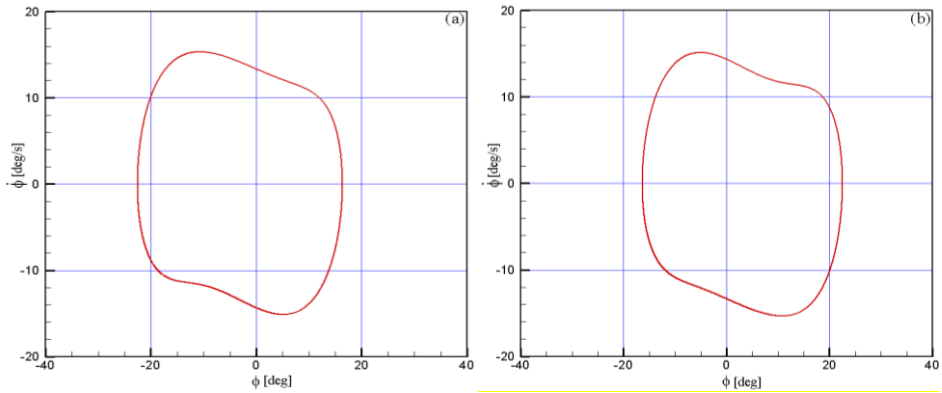


Fig. 8 Espacio de fase: (a) Aw=0.639 m, (b) Aw=0.6391 m. Multiestabilidad para dos puntos próximos.

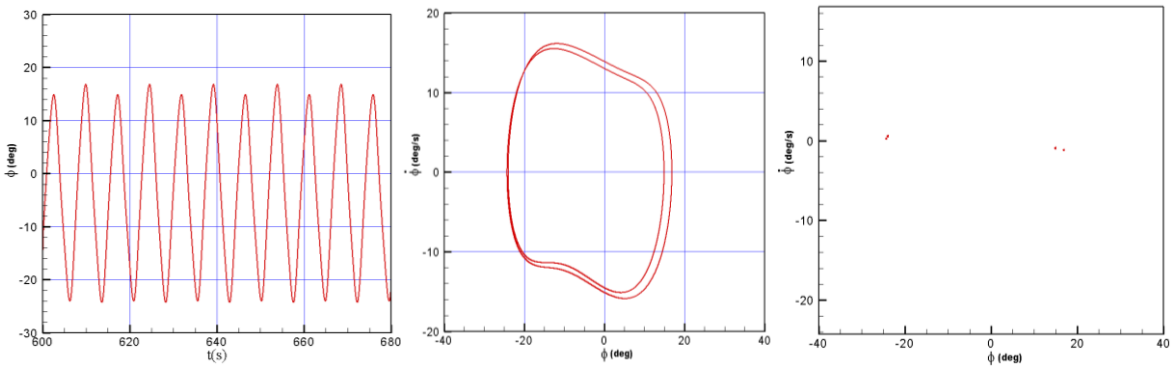
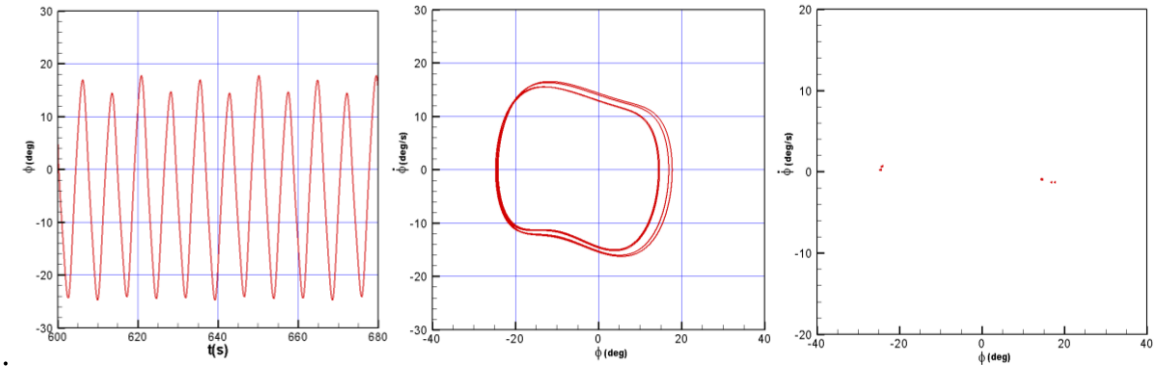


Fig. 9 Movimiento rolido (ϕ_{max}=24.27°), espacio de fase y mapa de Poincaré, periodo-2 solución para Aw=0.67 m.

La figura 13 muestra la curva de integridad (área de la bacía de atracción normalizada con respecto al área de la bacía de atracción asociado con la simulación decreciente de rolido en mar en calma) para valores de aumento del parámetro Aw, amplitud de la ola. Esto se puede ver que aproximadamente hasta Aw=0.68 m, el área de la bacía de atracción, tiende a crecer acentuadamente, después de aquella amplitud, empieza el proceso de deterioración de la bacía de atracción.



.

Fig. 10 Movimiento rolido (ϕ_{max}=24.73°), espacio de fase y mapa de Poincaré, periodo-4 solución para Aw=0.678 m.

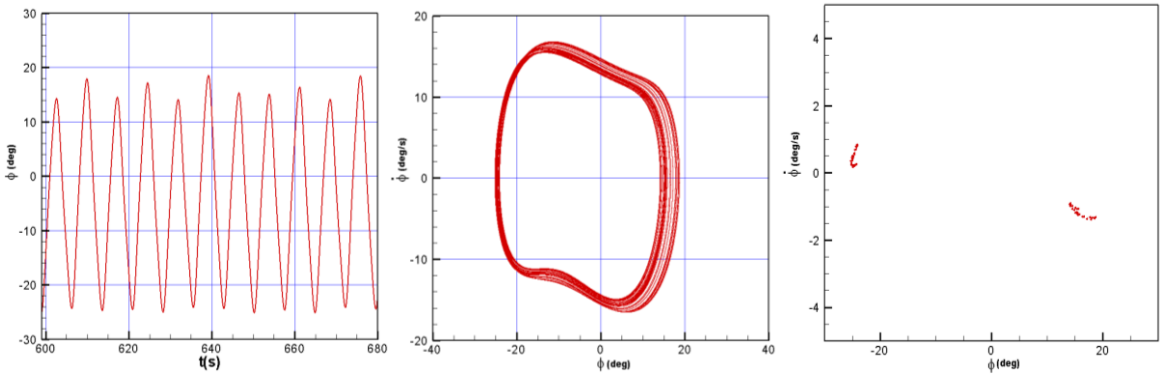


Fig. 11 Movimiento rolido (ϕ_{max}=25°), espacio de fase y mapa de Poincaré, comportamiento caótico para Aw=0.683 m.

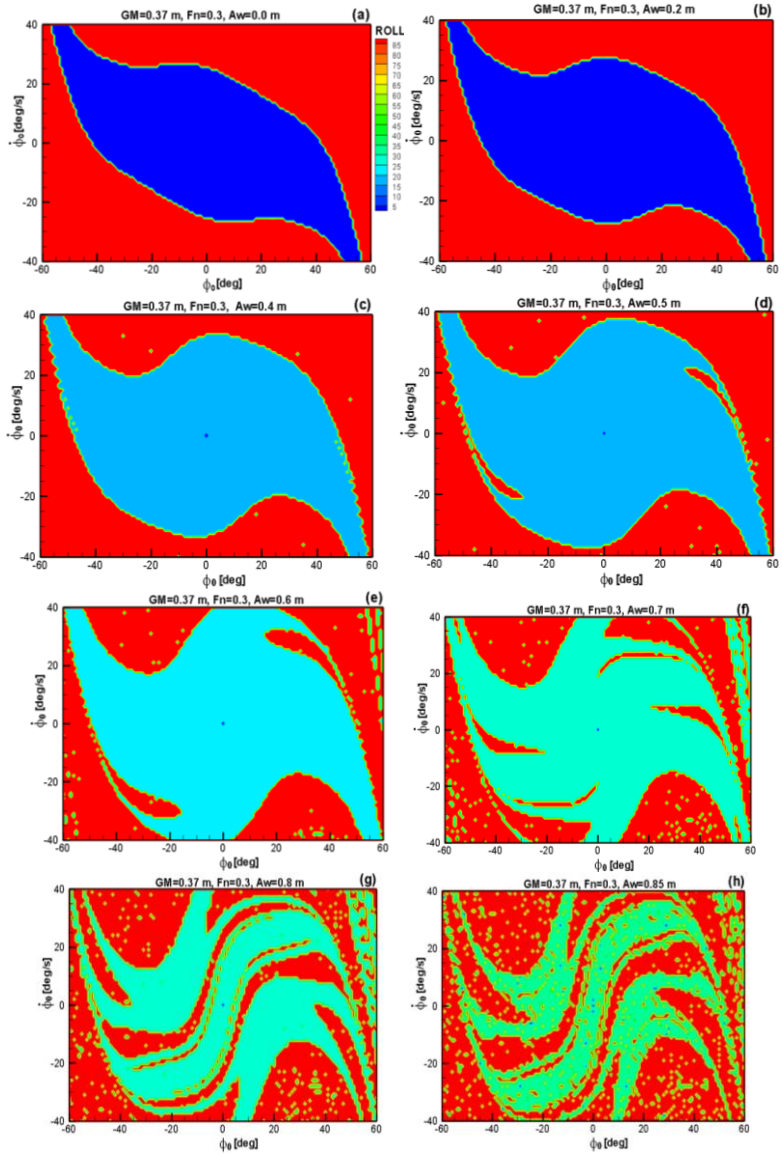


Fig. 12 Bacías de atracción, (a) Aw=0.0 m; (b) Aw=0.2 m; (c) Aw=0.4 m; (d) Aw=0.5 m; (e) Aw=0.6 m; (f) Aw=0.7 m; (g) Aw=0.8 m; (h) Aw=0.85 m.

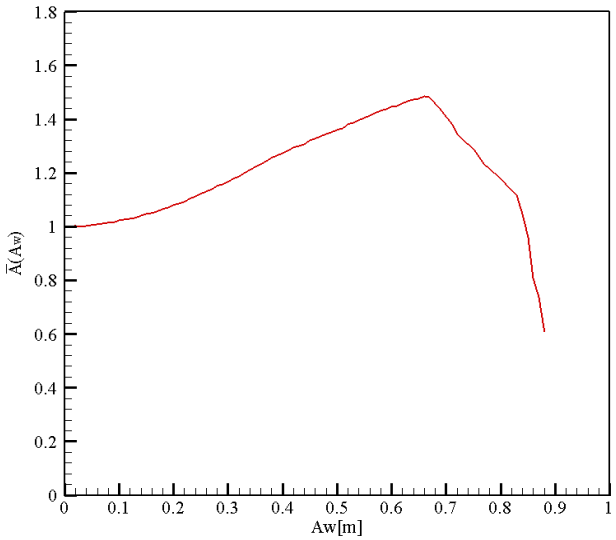


Figura 13 Curva de integridad

CONCLUSIONES

El rolido paramétrico en mares de frente para navíos pesqueros **transom stern** fue investigado basándose en un modelo matemático para los movimientos de arfada, rolido, y cabeceo, las cuales están no linealmente acopladas hasta el tercer orden.

Se mostró que las simulaciones numéricas concuerdan con las series temporal experimental. Por medio de variaciones sistemáticas de la frecuencia de encuentro y de la amplitud de la ola, se obtuvo un diagrama que muestra los límites numéricos de estabilidad. Este tipo de diagrama tiene claras ventajas en comparación con el mapa de tipo Ince-Strutt dado a que el Nuevo diagrama muestra información no solo de los límites de estabilidad, sino que adicionalmente brinda las amplitudes de rolido en el dominio dentro de los límites. Se obtiene así una buena imagen, en la que se incluye la aparición de límites superiores, una tendencia general del sistema de volverse severo debido al acoplamiento, una reducción vertiginosa (súbita) en los límites superiores y limites superiores con geometría fractal.

El diagrama de bifurcación para las soluciones del movimiento de rolido en la sintonía de la frecuencia Mathieu ha sido obtenido tomando la amplitud de ola como parámetro. Algunos rangos de amplitud de ola correspondientes a distintos tipos de

respuestas han sido identificados. En particular, se observaron interesantes características dinámicas, como la coexistencia de atractores, intermitencia, multiestabilidad en un escenario de duplicidad de periodo y movimientos caóticos finales. Diagramas de fase y mapas de Poincaré, han proveído para contribuir con un mejor entendimiento de las distintas conductas observadas en el diagrama de bifurcación.

Se realizo un análisis de bacías de atracción, teniendo otra vez como parámetro de control a la amplitud de ola. Para amplitudes relativamente pequeñas, el aparecimiento de límites fractales se contrabalancea con un incremento en otras áreas de la bacía de atracción, lo que resulta en un incremento neto del área segura. Sin embargo, para olas más grandes, la erosión de la bacía de atracción, sin embargo, para olas grandes, la erosión de las bacías de atracción vienen ser muy rápido. Finalmente, la curva de integridad para el barco en la sintonía exacta de $w_e / w_{n4} = 2.0$ fue obtenido, y es notado que el máximo valor de la curva de integridad es definido para la amplitud de la ola, la cual corresponde aproximadamente el punto de bifurcación, Figura 5, el cual inicia el movimiento caótico.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo es respaldado por CNPq con el proyecto STAB (Nonlinear Stability of Ships). Los autores también agradecen el soporte financiero de CAPES, FAPERJ, Y LabOceano. El agradecimiento al profesor Marcelo A. Savi por muchas de las discusiones fructificas y a Eder J. Avila por su valiosa colaboración.

REFERENCIAS

[1] Neves, M.A.S., Rodríguez, C., 2005. A nonlinear mathematical model of higher order for strong parametric resonance of the roll motion of ships in waves. Marine Systems & Ocean Technology – Journal of SOBENA, Vol. 1 No. 2, pp. 69-81.

[2] Neves, M.A.S., Rodríguez, C., 2006. Unstable ship motions resulting from strong nonlinear coupling. Ocean Engineering, vol. 33, pp. 99-108.

[3] Neves, M.A.S., Rodríguez, C., 2007a. An investigation on roll parametric resonance in regular waves. International Shipbuilding Progress, Vol 54, pp. 207-225.

[4] Neves, M.A.S. and Rodríguez, C., 2007b. Influence of nonlinearities on the limits of stability of ships rolling in head seas. Ocean Engineering. v.34, p.1618 – 1630.

[5] Vivanco, J.E.M., 2009. Parametric rolling of a fishing vessel - nonlinear dynamics. M.Sc. Dissertation, COPPE/UFRJ, Jan.

[6] Guckenheimer, J., and Holmes, P., 1983, Nonlinear oscillations, dynamical systems, and bifurcations of vector fields", Applied Mathematical Sciences, vol. 42, Springer-Verlag.

[7] Paulling, J.R., Rosenberg, R.M, 1959. On unstable ship motions resulting from nonlinear coupling. Journal of Ship Research 3 (1), 36-46.

[8] Paulling, (1961). The transverse stability of a ship in a longitudinal seaway. Journal of Ship Research, vol. 4, no. 4 (Mar.), pp. 37-49.

[9] Neves, M.A.S., Pérez, N.A., Lorca, O., 2002. Experimental analysis on parametric resonance for two fishing vessels in head seas. 6th International Ship Stability Workshop, Webb Institute, New York, USA.

[10] Seydel R., 1988. From equilibrium to chaos: practical bifurcation and stability analysis, Elsevier Science Publishing Co., Inc., NY.

[11] Belenky, V.L, Sevastianov, N.B., 2007. Stability and safety of ships, risk of capsizing, 2nd ed., SNAME

PLANEJAMENTO DE UM SISTEMA DE TRANSSHIPMENT PARA A EXPORTAÇÃO DE CARVÃO UTILIZANDO SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS

R. C. S. SILVA
(Escola Politécnica - USP, São Paulo, SP, Brazil)

R. C. BOTTER
(Escola Politécnica - USP, São Paulo, SP, Brazil)

E. F. C. TREVISAN
(Escola Politécnica - USP, São Paulo, SP, Brazil)

A. C. MEDINA
(Escola Politécnica - USP, São Paulo, SP, Brazil)

N. N. PEREIRA
(Escola Politécnica - USP, São Paulo, SP, Brazil)

J. F. NETTO
(Escola Politécnica - USP, São Paulo, SP, Brazil)

RESUMO: O presente trabalho relata um caso de *transshipment* no transporte marítimo de carvão. O granel em questão é oriundo de Moatize (Moçambique), e devido às baixas profundidades do canal de acesso do porto em análise, o *transshipment* faz-se necessário no atendimento a navios oceânicos de grande porte. Para a abordagem deste problema foi utilizada a técnica de simulação de eventos discretos, e o modelo de simulação desenvolvido é capaz de fornecer diversas respostas do sistema às diferentes configurações propostas. Nesse sentido, são apresentados os resultados das simulações do sistema considerado, bem como das análises de sensibilidade das taxas de produtividade dos equipamentos portuários, dos impactos das interferências meteorológicas no sistema, além das tentativas de se mitigar estas interferências, entre outros. Desta maneira, permite-se ao analista do problema obter todos os dados necessários e relevantes ao planejamento e dimensionamento deste sistema de *transshipment*, além de prover um auxílio à tomada de decisão com base em análises e comparações de diversas alternativas viáveis.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por objetivo apresentar o dimensionamento de um sistema de *transshipment* para a exportação de carvão de uma empresa brasileira, que tem um projeto para exportação de cerca de 12 milhões de t/ano de carvão de Moatize (Moçambique), no continente africano.

A empresa transportará o carvão por ferrovia até um porto, através do qual o produto será escoado por via marítima. Diversos *sites* portuários foram analisados e, em um destes, devido às restrições de calado, o berço conseguirá atender somente a embarcações pequenas, do porte *Handymax* (geralmente com carga na faixa de 35.000 a 55.000 dwt, comprimento entre 150 e 200 m e calado ao redor de 11 m), o que implica na necessidade de um sistema de *transshipment* que movimente o carvão entre o porto e uma área marítima localizada a cerca de 50 km de distância, onde podem ser atendidos navios de maior porte.

Atualmente, muitas embarcações *Handymax* são utilizadas em operações de *transshipment* ao redor do mundo. Estas operações são necessárias em terminais com dificuldade em atender embarcações de grande porte. Além disso, nota-se uma tendência no uso deste tipo de sistema em face ao aumento mundial na demanda por granéis e no congestionamento dos grandes portos e terminais.

No caso deste site africano em estudo, pretende-se transferir o carvão por meio de embarcações *Handymax* equipadas com *grabs*, transportadores e um carregador de navio que fará *transshipment* para as embarcações maiores, do porte *Panamax* (até 80.000 dwt) e *Capesize* (com até 150.000 dwt).

Sendo assim, no sistema considerado, o Navio Oceânico (*Ocean Going Vessel* – OGV) é carregado através da operação de *transshipment*, entretanto, quando o OGV é do porte de um navio *Handymax*, este acessa o terminal diretamente, sem necessitar da operação de transbordo. A unidade de *transshipment* (*Transshipment Unit* – TU) é designada para operat somente entre o terminal de Beira e a região onde ocorre efetivamente o transbordo da carga.

Neste sentido, o presente trabalho apresenta análises de diversos cenários deste sistema. Todas as análises foram realizadas através do modelo de simulação desenvolvido com o objetivo de:

- Representar a operação do sistema de escoamento de carvão pelo porto de Beira, desde o carregamento dos navios *Handymax* utilizados, em ciclo fechado, na

operação de *transshipment* até o efetivo carregamento dos navios de maior porte, fundeados em um quadro de bóias a cerca de 50 km no mar;

- Dimensionar a frota de navios *Handymax* (TU's) necessária para o escoamento da demanda prevista;
- Incorporar as restrições de maré para a entrada e a saída do canal do porto e as condições atmosféricas adversas que podem retardar ou interromper as operações de *transshipment*;
- Avaliar diversas condições de carregamento dos navios que farão o transbordo da carga, de tal forma que a operação seja viabilizada.

Além disso, buscou-se avaliar os *trade-offs* existentes no problema, como, por exemplo, utilizar o menor número de embarcações *Handymax* possível no sistema de *transshipment*, e por outro lado reduzir o valor do *demurrage* anual a ser pago pela empresa no atendimento aos navios oceânicos.

2 METODOLOGIA DO SIMULADOR

Para o estudo do sistema de *transshipment*, dado que este opera em um ciclo fechado, buscou-se base metodológica em diversos trabalhos da literatura que versam sobre este tipo de ciclo. Na literatura brasileira foram abordados, neste contexto, as publicações de Mesquita (1994) e de Mendes (1999) aplicados a sistemas hidroviários, e os trabalhos de Ono (2001), Yaguiu (2006) e Aragão (2009) aplicados ao transporte marítimo.

No que tange ao desenvolvimento do modelo de simulação, a metodologia utilizada foi baseada nos passos propostos por Pedgen et al. (1995) e posteriormente modificados por Botter (2002). Estas etapas são compostas basicamente por:

a) Definição do problema;
b) Planejamento do projeto;
c) Definição do sistema;
d) Formulação conceitual do modelo;
e) Projeto preliminar do experimento;
f) Preparação dos dados de entrada;

g) Codificação do modelo;
h) Verificação e validação do modelo;
i) Projeto final do experimento;
j) Experimentação e análises de sensibilidades;
k) Análise e interpretação dos resultados;
l) Implementação e documentação.

Paralelamente, os trabalhos de Aragão (2009) e Chwif e Medina (2006) nortearam o desenvolvimento da ferramenta de simulação. Estes autores dividem a elaboração do modelo em três etapas principais:

a) Concepção: onde define-se o sistema, os objetivos e realiza-se o levantamento de dados e a modelagem conceitual;
b) Implementação: elabora-se o modelo computacional propriamente dito, sua verificação e validação;
c) Análise: onde são realizadas as simulações desejadas, análises de sensibilidade e análise de resultados.

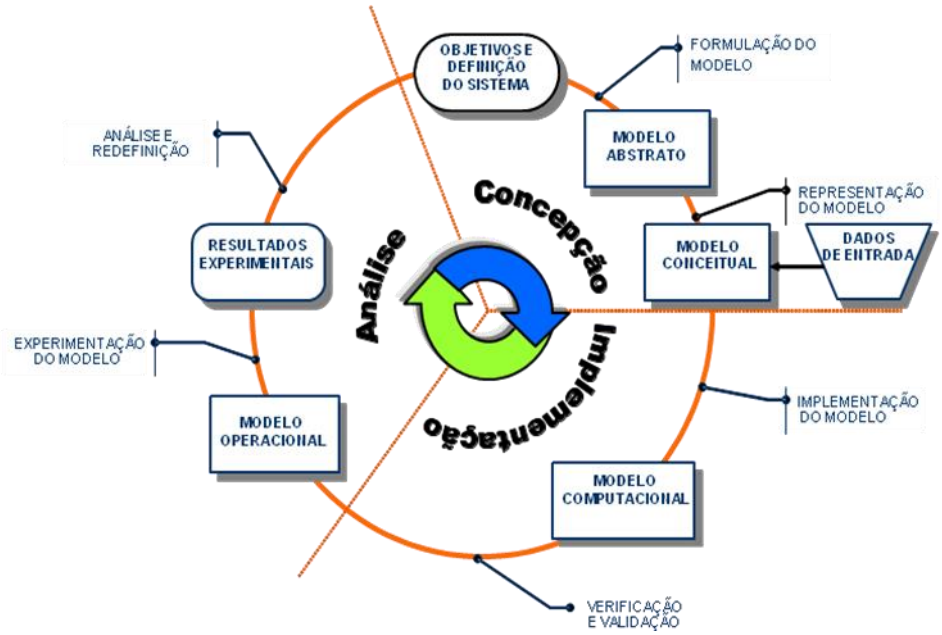


Figura 1: Metodologia de desenvolvimento modelo de simulação

Fonte: Chwif e Medina (2006) e Aragão (2009)

3 PARÂMETROS ANALISADOS

Após a conclusão das etapas de concepção e implementação do modelo, foram definidos diversos cenários de análise e avaliação do sistema, de forma a se obter um dimensionamento adequado deste. As principais variáveis analisadas foram as seguintes:

- Taxas de produtividade de carregamento no terminal, e as taxas de produtividade de descarga, na operação de transbordo do carvão;
- Tempo de atracação e desatracação;
- Tempo de viagem entre o terminal e a região onde será realizado o *transshipment*;
- Tempo de espera por maré: o período em que a maré baixa influencia o trânsito da embarcação. Este tempo depende do calado da embarcação, que, por sua vez, é relacionado com a quantidade de carga a bordo.
- Tempo de limpeza dos porões da unidade de *transshipment*, que ocorre periodicamente e também caso haja alteração no tipo de carvão transportado.

4 CENÁRIO BASE E RESULTADOS DA SIMULAÇÃO

O cenário base para as simulações iniciais possui os seguintes parâmetros de entrada:

- 2 TU's (*transshipment units*);
- Os calados considerados para as embarcações TU e suas respectivas cargas são:
    - Mínimo: 10,0 m e 34.140 t;
    - Médio: 11,3 m e 41.387 t;
    - Máximo: 12,1 m e 46.387 t;
- Todos os OGV do tipo *Handymax* são carregados diretamente no terminal;
- Se disponíveis, 2 TU's podem carregar simultaneamente um mesmo OGV;
- A taxa comercial de carregamento dos TU's no terminal e de descarregamento durante o processo de transbordo da carga é de 4.000 tph;
- O TU sofre processo de limpeza a cada 2 meses, durante 6 horas, para eventual troca de tipo de carvão transportado;
- O tempo de ciclo é aumentado em 25% durante 6 horas por dia, 100 dias por ano, a fim de se simular condições atmosféricas adversas à operação.

Ademais, os parâmetros de entrada comuns a todos os cenários são elencados na tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros de Entrada

DESCRIÇÃO	**VALOR**
Demanda prevista (t)	12 milhões
Capacidade Handymax (OGV)	42000 t
Capacidade Panamax (OGV)	70000 t
Capacidade Capesize (OGV)	152000 t
% de Panamax (OGV)	32%
% de Handymax (OGV)	46%
% de Capesize (OGV)	22%
PARÂMETROS TU'S	
Capacidade (no calado médio)	41387 t
Capacidade máxima TU (permitida)	55000 t
Capacidade Mínima	40000 t
Calado Médio TU	11,30 m
Calado Máximo	12,12 m
Calado Mínimo	10 m
Tempo entre limpezas (TU)	8 semanas
Duração do processo de limpeza	6 h
Frota de TU's	2 navios

A composição dos tempos relativos ao tempo de ciclo é apresentada na Figura 2. Deve-se observar que a ociosidade da frota de TU's não é considerada na figura. Além disso, verifica-se que cerca de 50% do tempo de ciclo é decorrente das operações de *transshipment* ou da operação de carregamento no terminal de Beira.

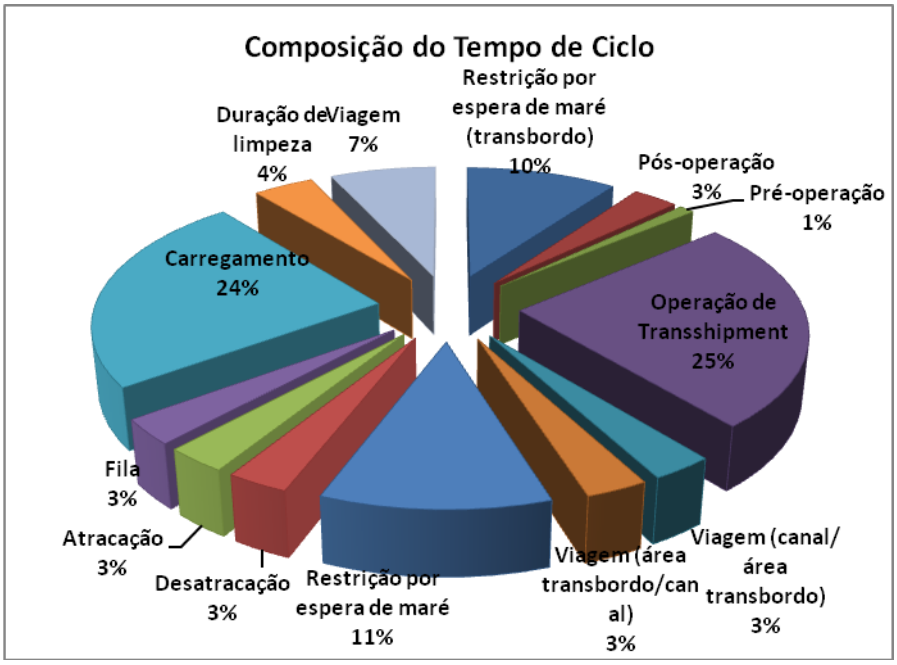


Figura 1: Composição do tempo de ciclo (TU's)

Tabela 2: Composição do tempo de ciclo (TU's)

	Processo	% do tempo de ciclo	Tempo(h)
Transshipment	Restrição por espera de maré (transbordo)	10%	3.7
	Pós-operação	3%	1.1
	Pré-operação	1%	0.4
	Operação	25%	9.1
	Viagem (canal/ área transbordo)	3%	1.1
	Viagem (área transbordo/canal)	3%	1.1
Terminal	Restrição por espera de maré	11%	4.0
	Desatracação	3%	1.1
	Atracação	3%	1.1
	Fila	3%	1.1
	Carregamento	24%	8.8
	Duração de limpeza	4%	1.5
	Viagem	7%	2.6

Tempo de Ciclo	1.52 (Dias)	36.5

Verificações no cenário base:

- O sistema atende à demanda (12 MTPA);

- O tempo médio de ciclo dos TU's é de 1,52 dias, resultando em cerca de 240 viagens possíveis por ano;
- A taxa de ocupação dos TU's é de 61%.

5 ANÁLISES DE SENSIBILIDADE DO CALADO MÍNIMO E MÁXIMO

Uma vez que a capacidade do TU e o tempo de espera por maré favorável são afetados diretamente pelo aumento do calado, foram realizadas análises de sensibilidade para detectar o melhor valor para esse parâmetro, como apresentado nas tabelas e figuras 3 e 4.

Tabela 3: Variação do calado mínimo - Resultados

	Calado Mínimo				
Resultados	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00
Números de Navios	136	137	135	136	136
Ociosidade TU (dias)	0,35	0,55	0,84	0,89	0,93
Tempo médio em fila do TU no transbordo (dias)	0,48	0,61	0,77	0,77	0,77
Demurrage (USD/t)	2,78	1,45	0,57	0,50	0,43

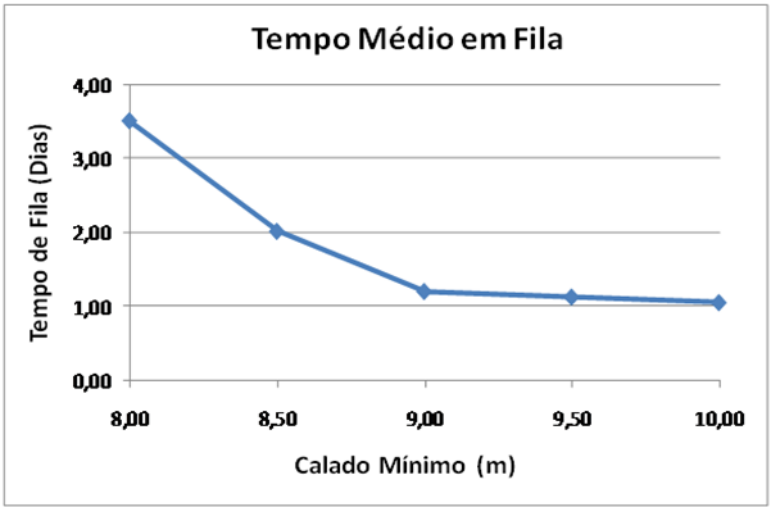


Figura 2: Tempo médio em fila com a variação do calado mínimo

Tabela 4: Variação do calado máximo – Resultados

	Calado Máximo					
Resultados	11,50	11,67	12,00	12,12	12,50	12,70
Números de Navios	134	136	136	134	136	136
Ociosidade TU (dias)	0,94	0,92	0,93	0,96	0,92	0,88
Tempo médio em fila do TU no transbordo (dias)	0,77	0,76	0,77	0,79	0,77	0,75
Demurrage (USD/t)	0,44	0,45	0,43	0,38	0,43	0,48

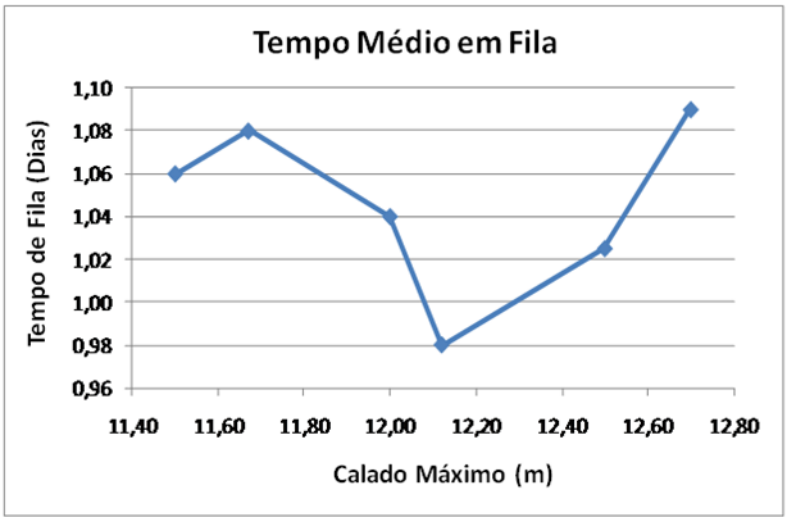


Figura 3: Tempo médio em fila com a variação do calado máximo

Constatações acerca das variações nos calados mínimo e máximo:

- Ao variar-se o calado mínimo dos TU's entre 8 e 10 metro percebe-se que o maior calado mínimo reduz o tempo médio em fila das embarcações OGV, e consequentemente o *demurrage* a ser pago;
- Já ao analisar-se o calado máximo dos TU's, percebe-se que para valores acima de cerca de 12,1 metros o tempo em fila e o *demurrage* das embarcações OGV volta a aumentar, pois os TU's passam a sofrer mais influência da espera por maré.

6 EFEITOS DE TORNADOS NO SISTEMA

Alguns cenários foram simulados considerando os efeitos de tornados no sistema. Quando isso ocorre, a operação de transbordo espera até que as condições climáticas melhorem. Os

resultados são apresentados na tabela 5, divididos em três diferentes cenários: 90, 60 e 30 dias de paralisação por ano.

Tabela 5: Impactos de tornados no sistema - Resultados

	90 dias	60 dias	30 dias
Carga Transportada	10,7 MTPA	10,9 MTPA	11,0 MTPA
Número de ciclos - TU	264	270	272
Tempo de ciclo (Dias)	1,51	1,51	1,50
Demurrage (USD/t)	21,71	10,78	3,34

Percebe-se pela tabela 5 que a ocorrência de tornados ocasiona valores altíssimos de *demurrage* por tonelada a ser pago, inviabilizando economicamente o sistema.

Um cenário alternativo foi criado para representar impactos mais amenos por parte dos tornados. Neste caso, a operação é paralisada durante 5 dias, e a profundidade do canal é diminuída em 1 metro nos 30, 60 ou 90 dias subseqüentes. Nessas circunstâncias, o calado do navio é diminuído, e conseqüentemente sua capacidade. Os resultados são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Impactos moderados de tornados no sistema – Resultados

	90 dias	60 dias	30 dias
Demurrage (USD/t)	1,96	1,40	1,39
Carregamentos com calado máximo	0	114	116
Carregamentos com calado mínimo	121	117	111

Percebe-se que o impacto dos tornados no sistema revela-se no valor do *demurrage*, onde até o cenário menos impactado (30 dias de calado reduzido em 1 m) apresenta *demurrage* por tonelada cerca de 3 vezes superior aos observados nos cenários de variação de calado, apresentados no item 5 deste trabalho.

7 EFEITO DA TAXA DE CARREGAMENTO NA OPERAÇÃO DE TRANSSHIPMENT

Buscando-se verificar a influência das taxas de produtividade do sistema, foram realizadas análises de sensibilidade variando-se estas entre 1.500 e 4.500 tph. Os resultados são apresentados nas Figuras 5 e 6.

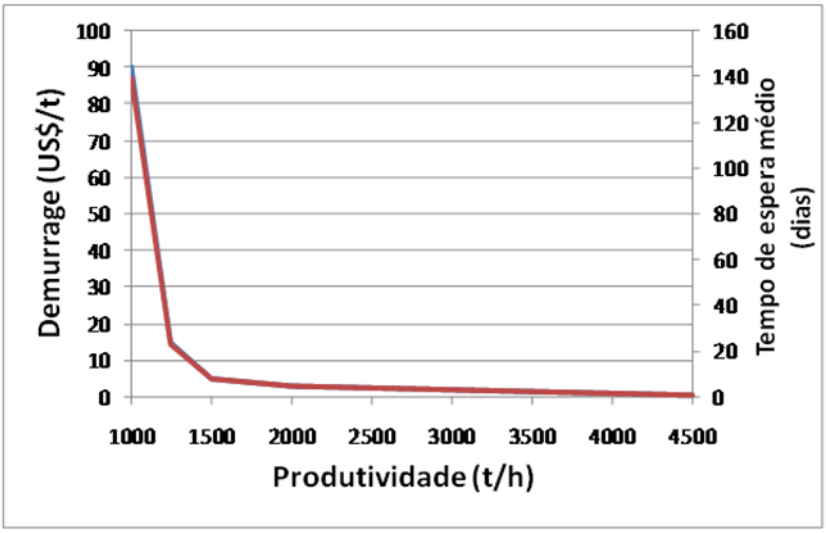


Figura 5: Custos de demurrage por tonelada em função da produtividade de carregamento

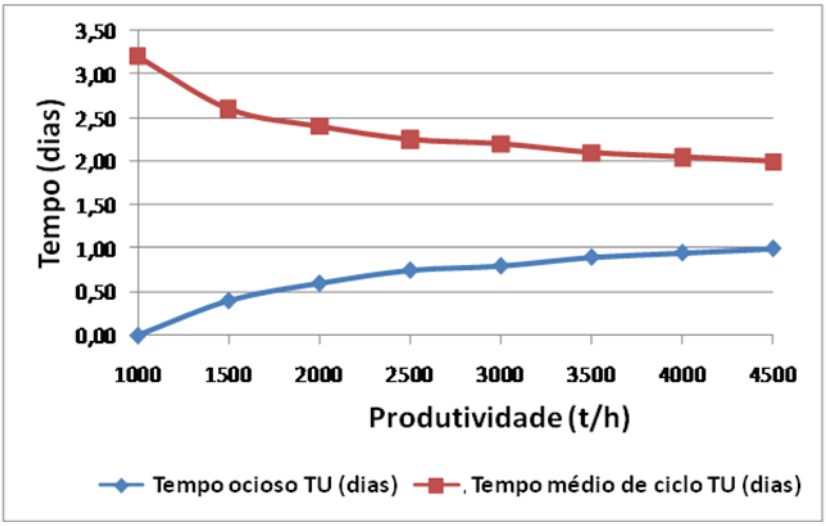


Figura 6: Ociosidade e tempo médio de ciclo dos TU's da produtividade de carregamento

Para taxas de carregamento de 1.500 tph, o tempo de ciclo do TU é de aproximadamente 2,7 dias, a capacidade do sistema é de 9,93 MTPA, com uma taxa de ocupação dos TU's de 97%.

Pode-se verificar que para taxas de produtividade inferiores a 1.500 o sistema se torna inviável. Além disso, o *demurrage* tende a ser minimizado para taxas de carregamento superiores a 3,000 tph.

Quanto aos tempos de ciclo, percebe-se que estes diminuem à medida que se incrementa a taxa de produtividade, no entanto, é provocado um aumento no tempo de ociosidade por ciclo nos TU's.

8 CENÁRIOS DE RISCO: EFEITOS DE CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS ADVERSAS

Análises de sensibilidade foram realizadas para se detectar a resposta do sistema quando ocorre o aumento das adversidades atmosféricas. Para isto, 5 cenários foram elaborados considerando 100 dias de diminuição da produtividade em um ano, em decorrência destas condições climáticas adversas.

- **Cenário 0:** o tempo de ciclo aumenta em 25% durante 6 horas por dia nos 100 dias considerados;
- **Cenário 1:** o tempo de ciclo aumenta em 29% durante 12 horas por dia;
- **Cenário 2:** o tempo de ciclo aumenta em 58% durante 12 horas por dia;
- **Cenário 3:** o tempo de ciclo aumenta em 29% durante 24 horas por dia;
- **Cenário 4:** o tempo de ciclo aumenta em 58% durante 24 horas por dia.

Ademais, a taxa de carregamento no *transshipment* é considerada 3.000 e 4.000 tph para os cenários de 1 a 4. O tempo médio de espera e o *demurrage* da frota de OGV são apresentados nas figuras 7 e 8.

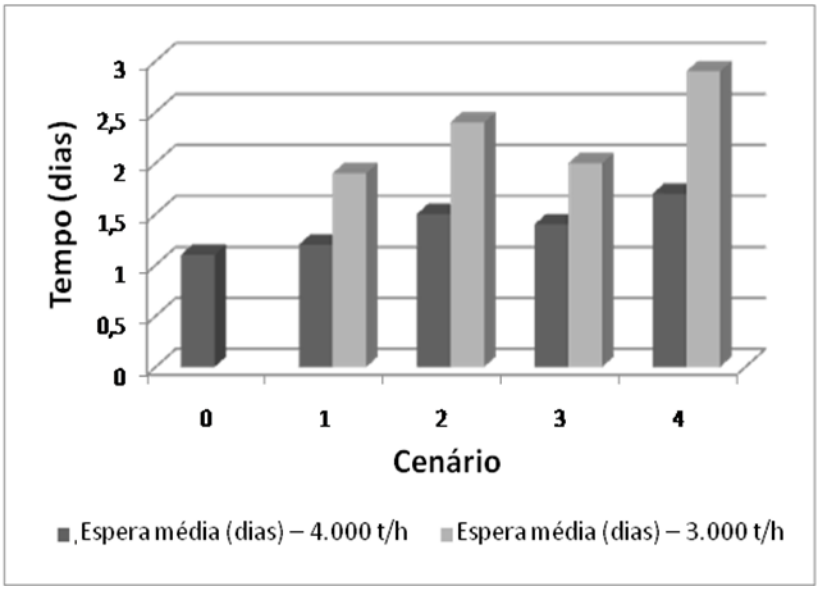


Figura 7: Tempo médio em fila em função de condições atmosféricas adversas e taxas de carregamento na operação de *transshipment*

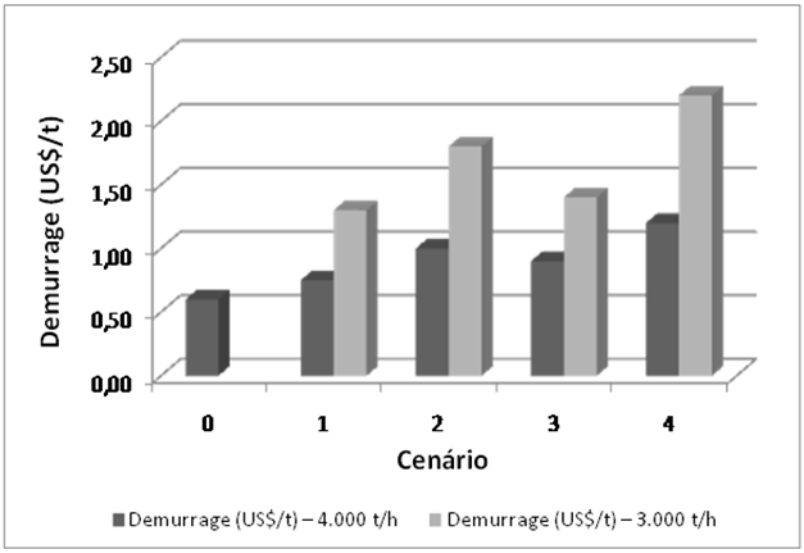


Figura 8: Custos de *demurrage* por tonelada em função de condições atmosféricas adversas e taxas de carregamento na operação de *transshipment*

Dentre estes cenários, o cenário 4 foi o de pior desempenho, com os seguintes resultados:

- Cerca de USD 1,10/t de custos de *demurrage* a uma taxa de 4,000 tph;
- Cerca de USD 2,10/t de custos de *demurrage* a uma taxa de 3,000 tph;
    - A demanda é atendida em ambos os casos.

8.1. Análises adicionais de condições adversas

Com o objetivo de mitigar os efeitos de condições adversas de tempo, outros cenários foram elaborados com as seguintes características:

- TU's transportam apenas um tipo de carvão. Isto acarreta no aumento do tempo médio entre as limpezas dos porões da frota de 60 para 120 dias;
- 3 diferentes taxas de carregamento dos shiploaders: 4.000, 6.000 ou 8.000 tph.
- Aumento da frota de TU's de 2 para 3 embarcações.

Os principais resultados são apresentados na Tabela 8.

Tabela 7: Análises Finais - Resultados

	Cenário	Tempo médio em fila (dias)	*Demurrage* (USD/t)
Base	Tempo de ciclo é aumentado a 58% em 24 horas Carregador de navio cerca de cerca de 4.000 tph	1,75	1,23
1	Somente 1 tipo carvão	0,73	0,69
2	Carregador de navio cerca de 6.000 tph	1,11	0,68
3	Carregador de navio cerca de 8.000 tph	0,95	0,52
4	Carregador de navio cerca de 6.000 tph; Somente 1 tipo de carvão	0,55	0,45
5	Carregador de navio cerca de 3.000 tph; 3 TU's	0,56	0,31
6	Carregador de navio cerca de 4.000 tph; 3 TU's	0,40	0,16

Através da analise da tabela 8, verifica-se que há uma melhora na operação quando há apenas um tipo de carvão sendo transportado pelos TU's (redução do número de limpezas), bem como quando as taxas de carregamento são mais elevadas. No entanto, verifica-se que o maior ganho operacional ocorre com o aumento da frota de TU's para 3 embarcaçoes. Percebe-se uma resposta muito positiva do sistema, com os menores tempos de fila e *demurrage* a ser pago observados.

9 CONCLUSÕES

Pôde-se verificar que a variação da quantidade do carregamento dos TU's, e consequentemente do calado mínimo e máximo, afetam o sistema, dado que as embarcações são influenciadas pela profundidade do canal e pela maré.

Concluiu-se que as taxas de produtividade nas operações de carga e descarga dos TU's são extremamente importantes e fatores decisivos para a viabilidade do sistema.

Foi observado que as condições atmosféricas adversas e a ocorrência de tornados podem impactar significativamente um sistema de operação em *transshipment*, desta maneira concluiu-se que é necessária a avaliação de medidas que mitiguem esses efeitos.

Por fim, conclui-se que o modelo de simulação desenvolvido é capaz de representar as operações de *transshipment* consideradas, bem como todas as suas variações. Desta forma, a ferramenta mostrou-se extremamente útil e eficaz em prover ao analista os resultados de diversos cenários. Assim, o modelo possibilita a realização do dimensionamento do sistema de diferentes maneiras, a partir de análises de *trade-off*. Por exemplo, ao se conhecer os custos de investimentos do aumento na frota de TU's, ou na capacidade dos equipamentos de carga/descarga, podem-se realizar análises de *trade-offs* destes custos de investimentos versus custos operacionais e níveis de serviço, uma vez que o modelo de simulação fornece todas as informações operacionais relevantes, além do *demurrage* por tonelada a ser pago.

10 REFERÊNCIAS

Aragão, M. M. C. 2009, *Caracterização e dimensionamento de um sistema de cabotagem industrial*, Dissertação (Mestrado) – POLI - USP, Dpto. de Eng. de Transportes. Sistemas Logísticos, São Paulo, 168 p.

Botter, R.C. 2002, *Tratamento de dados em simulação discreta*, Tese (Livre-Docência) – POLI - USP, Dpto. de Eng. Naval e Oceânica, São Paulo.

Chwif, L., Medina, A.C. 2007, *Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria & Prática*, 2 ª Edição.São Paulo, 254 p.

Mendes, A.B. 1999, *Modelo econômico-operacional para o dimensionamento do transporte intermodal de cargas pela hidrovia Tietê-Paraná*, Dissertação (Mestrado) – POLI - USP, Dpto. de Eng. Naval e Oceânica, São Paulo, 212 p.

Mesquita, M.A. 1994, *Estudo de sistemas fechados de filas em transporte fluvial*, Dissertação (Mestrado) – POLI - USP, Dpto. de Eng. Naval e Oceânica, São Paulo.

Ono, R.T. 2001, *Estudo de viabilidade do transporte marítimo de contêineres por cabotagem na costa brasileira*, Dissertação (Mestrado) – POLI - USP, Dpto. de Eng. Naval e Oceânica, São Paulo, 132 p.

Pedgen, C.D., Shannon, R.E., e Sadowski, R.P. 1995, *Introduction to simulation using SIMAN*, McGraw-Hill. 2ª Edição. New York.

Yaguiu, K. 2006, *Modelo para o dimensionamento de uma frota de contêineres para uma empresa de navegação*, Dissertação (Mestrado) – POLI - USP, Dpto. de Eng. Naval e Oceânica, São Paulo, 167 p.

INCLINOMETER DEVICE FOR SHIP STABILITY EVALUATION

Helena Carvalho Mendes, len_inh_a@hotmail.com
José Márcio do Amaral Vasconcellos, jmarcio@peno.coppe.ufrj.br
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil

Abstract. *The excess of weight in irregular positions is a major reason for toppling the vessel. Knowing the maximum slope that a ship can carry, without heel, and then restore its initial position is one of the most important knowledge to be able to load the ship without creating moments that prevent the restoration. A boat loaded in the wrong way may have a resulting moment that causes a tilt at sea, preventing the initial position to be restored. To avoid such a problem, we designed an inclinometer for evaluation of stability, which allows us to know the maximum time that the prototype, used as a model, can support and restore its position. Thus we have, with a margin of safety, the correct load to be used in certain type of vessel. The experimental evaluation along with numerical models widely used in commercial software allows a better assessment of the static stability intact and in a breakdown of the floating unit. This article presents the development of a project to build a mechanical device that could cause a moment and, consequently, an inclination in the studied model. Using also a numerical model, the experiment to assess the static stability of floating units and run simulations at damage also.*

Keywords: *model; stability; moment; tilt*

1. INTRODUCTION

A vessel at sea is subject to many forces, such as external, like the action of winds and waves, and internal forces, like the positioning of the load and the level of liquids in its tanks, able to tilt it, and even heel it. The toppling of a vessel, besides putting at risk the lives of all crew, leads to the loss of load, may cause damage to the environment, and consequently lead to a loss of millions of dollars.

As the forces of nature are not an exact science, the best way to prevent such accidents happening is the correct loading of the vessel. The positioning of loads has a direct influence on the position of the center of gravity which is, in turn, one of the factors responsible for the righting moment.

So, in order to obtain a better stability, there must be made an assessment of all forces involved in each type of vessel followed by a calculation of the righting moment necessary to restore the stability and, finally, an optimization of the position of center of gravity.

Considering the fact that the exact value of the righting moment can be difficult to calculate, this paper highlights an inclinometer design to obtain the exact value of the angle of maximum inclination supported by a vessel and the moment that causes it.

2. STABILITY OF FLOATING VESSEL

A vessel at sea is subject to a number of external and internal factors capable of destabilizing it, like we can see in Fig. 1. A boat is called stable when it is able to return to its initial position after the forces acting on are ended. We divided the stability evaluation in three groups: initial stability, stability for large angles and damage stability. Software is nowadays available for all stability evaluation but the experimental results are very useful to compare.

Stability behavior is a necessary requirement to be fulfilled by any vessel. Rules have to be follow and international e national codes should be achieved.



Figure 1. A ship subject to forces that causes an inclination

A recent work (Vasconcellos, 2006) shows that, when in the upright position in calm waters, the line of action of the weight force (*Wf*) and the buoyancy force (*Bf*) are acting in the same vertical as shown in Fig. 2. If the vessel is now tilted by an external force, the relative position of the center of gravity and the center of carina changes, causing a separation of the line of action of weight and buoyancy forces, which will be separated horizontally.

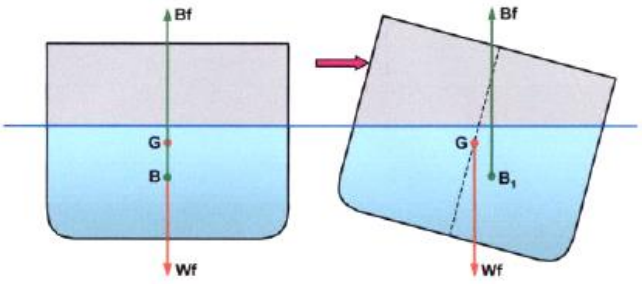


Figure 2. Position of center of gravity and the center of buoyancy

If the external force is removed it is clear that the vessel will return to its original position (vertical) as a result of the forces acting.

The horizontal distance between the center of gravity and the line of action of the buoyancy force, acting in the center of buoyancy, when the boat is inclined is defined as righting arm (GZ), shown in Fig. 3. When we multiply the results of the buoyancy force by the arm straightening we obtain the righting moment.

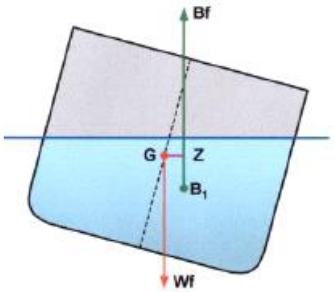


Figure 3. Righting arm (*GZ*)

The righting moment for any angle of inclination represents the instantaneous value of the capacity of the vessel to return to its original position. This is calculated when the boat is in calm waters and is momentarily at rest, in which case the acceleration forces due to the inclination movement are overlooked.

In naval engineering, the determination of weight and center of gravity of the vessel has a strong influence on the technical characteristics such as buoyancy, stability, performance and resistance to the sea propulsion, and is also the main parameter to estimate the cost and extent of progress in construction. The calculation for determining the weight and center of gravity starts at the beginning of the project and will evolve in the following phases until the end of construction.

With the calculations is possible to know the exact amount of ballast to be placed to ensure a better stability of the vessel. The correct stability can change with the use of the ship, load, and design. Because of that many sectors of maritime engineering have different criteria for stability to be ensured.

However, the imprecision in calculating the center of gravity and the weight is still very high even with all the technological advances. Several discrepancies can be observed between the initial values, as used in the construction documents, and the values obtained on the ship after its construction. As a result, it was necessary to enlarge the scope of service, having been

checked and /or corrected over 2300 items of weight and 310 items of volume, a task that required great effort, lasting nearly 2 years.

The completion of this study identified the necessity for improvements in the process of control stability. Because of that, we work to design an inclinometer, a device that is able to make the inclining test, measuring the stability curve evaluation and many damage stability simulations also. The fundamental idea is simulate the behavior of the structure subject to many loading conditions and study the possibilities of damage and then determine the final state of fluctuation and stability of floating.

As part of a scientific student study we decide to design our own inclinometer device. One of the reasons is the high price offered by the specific market and the also the possibility to put the students in real challenge.

3. THE INCLINOMETER

The model tests are a powerful tool for the study /analysis of the complex hydrodynamic phenomena of floating vessels. These tests are done in models in small scale and they are designed to provide information about the behavior of vessels in real scale, particularly in cases where, due to complexity of physical phenomena involved, the numerical methods are not very precise.

The methodology of these tests for assessing the resistance to progress and propulsion, and to study the handling of vessels and determining the characteristics of buoyancy and stability, are already standard and they are an extremely useful tool available in the case of a vessel project.

There is a theoretical development to base the pattern of stability in tests of models for tests of inclination. This method was discussed and approved at the IMO (1975-1990). However, due to implementation of these tests is extremely expensive, they are not being made on a large scale, with few exceptions described below.

In general, the existing method was not used to develop stability criteria, but to investigate the modes of inclination, validate the theoretical predictions and evaluate the relation between the shape of the hull and the characteristics of stability and performance at sea.

Observing the behavior of the model in different situations, we obtain very useful information related to the inclination. This information has not been used to measure and

improve the mathematical models for computer simulation of inclination of floating structures.

A proposal for classification of experimental models related to slope of vessels includes models for:

1) Tests that seek information of hydrodynamic forces which are used as input into equations of motion in mathematical models;
2) Tests that seek information about physical phenomena involved, when the boat tilt. Are also included in this group, test with models to explain the causes of heel;
3) Systematic tests with models of heel /tilt aiming the development of safety standards;

4. SIMILARITY OF CONDITIONS AND PREPARATION OF MODELS

To determine the possibility of estimating the behavior of a ship based in models tests, it is necessary to know the geometric similarity, kinematic and dynamic model.

Geometric similarity is satisfied when all the dimensions of the model are in scale. The scale of the model is given by Eq (1):

$$E = \frac{1\,\text{ship}}{1\,\text{model}} \tag{1}$$

For the tests of inclination, the geometric similarity and mass (weight and center of mass) ensures the quality of the prototype response given by the model response.

Once submitted to the righting moment, the vessel can either return to its position of balance or, in certain cases, capsize. To know if it is possible to maintain the balance of a ship it is necessary to know the moment that is causing the inclination and to obtain the maximum angle of tilt that can be restored.

The knowledge of the maximum angle of inclination is extremely important since this allows us to do a better risk analysis and, if necessary, make changes in the design or even the load distribution inside the ship in order to modify its righting moment and to ensure its stability in adverse sea conditions.

In order to discover the relation between moment and inclination in each vessel, we designed an inclinometer, as the one showed in Fig. 4, which, when subjected to a force, create a moment and, consequently, inclines the boat model.

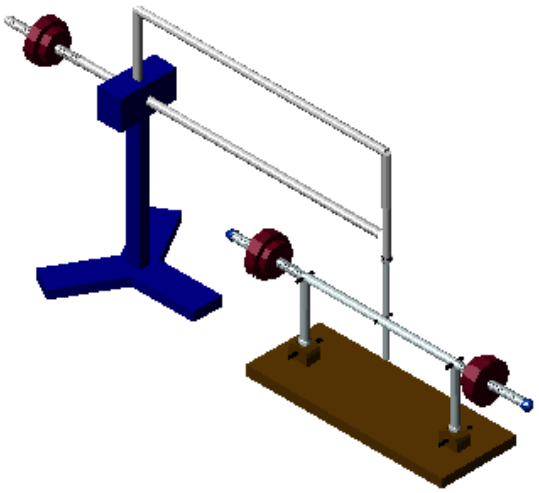


Figure 4. Design of the inclinometer

The equipment consists of a structure that is able to rotate. It is supported by the ship and sustained by a base, located outside the tank in which the experiment will occur. Weights of equal mass are placed on the top bar of the apparatus, equidistant from the center. After loading, is necessary to find the position of initial stability to be used for comparison.

When a weight is away from its initial position, the difference between the distances creates a lever arm and consequently a moment in the structure. This moment is given by Eq. (2), where m is the mass of the displaced weight, g is the gravity, θ is the angle of inclination of the structure end d is the distance between the initial and the final position of the weight.

$$M = [(m * g)\cos\theta] * \mathrm{d} \tag{2}$$

Then, this moment is equivalent transmitted to the model that will suffer an unknown inclination, as seen in Fig. 5. The tilt will be calculated by the apparatus by means of sensors.

Knowing the angle of inclination and the moment create, we can plot a graph of stability of the vessel, and, by the graph, we know its maximum strength until the moment of its heel.

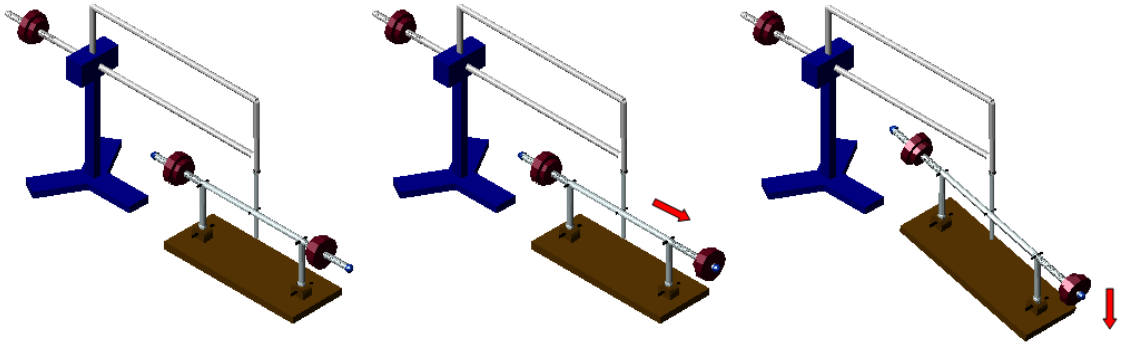


Figure 5. Handling of inclinometer

With the help of sensors and other electronic equipment we can move the weights by the computer and get the exactly distance of their displacement, beyond the exact angle of tilt. The data generated are sent directly to the computer that will evaluate and plot the graphs. Besides the faster analysis of data also have more real results with fewer errors.

5. CONCLUSION

Although the project is in its start phase, the primary prototype seems simple and very cost effective. The next phase results will be compared with software for stability curve evaluation and damage simulation performed.

As part of scientific student research this project is following the chronogram.

6. REFERENCES

Ferraz C., Souza V., Vasconcellos J.M., Experimento como Auxilio na Avaliação da Estabilidade Estática de Embarcações, SOBENA 2006.

Laboceano, Inertia Calculation Procedure for Model Test

Lech K. Kobylinski and S. Kastner, Stability and Safety of Ships, Ocean Engineering Series Editors, Elsevier, 2005.

Vasconcellos, J. M. A., 2006, “Studies of Stability”, studies in floating off-shore engineering systems, Class Notes.

Vasconcellos, J. M. A.,Cid M. 2006, “SOBENA”, calculation of weights and centers.

PROJETO ESPECIAL DE PROPULSORES DE EMBARCAÇÕES FLUVIAIS

Carlos Daher Padovezi
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Brasil,
e-mail: padnaval@ipt.br

RESUMO

O presente trabalho apresenta considerações técnicas sobre a importância de uma concepção adequada dos propulsores e avalia o impacto de um projeto adequado de hélices no resultado final da eficiência de um sistema de transporte fluvial.

São analisados os seguintes aspectos dos propulsores de embarcações fluviais: número de hélices, posição de instalação na popa, número e formas de pás, resistência estrutural, área de pás, distribuições de espessuras e de passos, efeitos de alterações geométricas de perfis das pás, adoção de tubos Kort, integração dos propulsores às formas de popas das embarcações.

É apresentada uma proposição de sistematização de um projeto especial de propulsores, levando em consideração todos os aspectos identificados como importantes para o desempenho operacional de embarcações fluviais.

Ao final, é mostrada uma nova concepção de hélices de alto carregamento para utilização em embarcações fluviais de transporte de carga, desenvolvida pelo autor em estudos no IPT.

ABSTRACT

This work presents technical considerations about the importance of an adequate conception of inland ship propellers and evaluates the impact of an adequate propeller design on the efficiency of inland transport system. The following aspects of inland ships propellers are analyzed: number of propellers, position of installation in the ship stern, number and forms of blades, structural resistance, blades propeller area, distributions of thicknesses and pitchs, effect of geometric alterations of profiles of the blades, adoption of Kort nozzle (ducted propellers and propeller integration to the ship stern. A proposal of systematization of a special propeller design is presented, leading in consideration all the aspects identified as important for the operational performance of inland ships. To the end, a new conception of high loading propellers for use in cargo transport inland ships, developed for the author in studies in the IPT (Technological Research Institute of São Paulo).

1 INTRODUÇÃO

Os propulsores de embarcações fluviais de transporte de cargas podem ser considerados como propulsores de alto carregamento, ou seja, aqueles que recebem muita potência para produzir alto empuxo em áreas de pás relativamente reduzidas. Portanto, são propulsores que convivem com grandes diferenciais de pressões em suas pás, com baixas eficiências finais e com possibilidade de ocorrência de cavitação e de vibrações induzidas.

Tais características, por si só justificam a necessidade de haver atenção especial e uma busca de novas concepções de propulsores para as embarcações fluviais de carga. O desafio é desenvolver um estudo das condições operacionais dos propulsores deste tipo de embarcações, para, ao final, propor alterações em geometrias e em concepções dos hélices, com o objetivo principal de obter ganhos em desempenho operacional.

2 PROPULSORES DE EMBARCAÇÕES FLUVIAIS DE CARGA

As embarcações fluviais de carga apresentam, geralmente, duas características determinantes: calados reduzidos, devido às restrições de profundidades da maior parte das vias navegáveis, e grandes deslocamentos, por conta da necessidade de aumento da eficiência econômica do transporte de cargas.

A combinação destes dois fatores - calados reduzidos e grandes deslocamentos – resulta em hélices com restrição importante de diâmetro com forças de empuxo elevadas, o que configura altos carregamentos das pás, ou seja, grandes diferenças de pressões distribuídas em áreas relativamente pequenas de pás. Altos carregamentos das pás implicam em eficiência baixa e em possibilidade de ocorrência de sérios problemas relacionados com cavitação e vibrações.

Além do problema já citado de alto carregamento das pás, há alguns outros problemas que podem interferir no desempenho dos hélices de embarcações fluviais de carga:

- ✓ freqüentes alterações da quantidade de carga das embarcações, com grandes variações de calados, resultando em variações significativas dos valores de resistência ao avanço e de coeficientes propulsivos;
- ✓ no caso de empurrador em um comboio, podem ocorrer alterações do número e da formação do conjunto de barcaças, o que leva a mudanças dos valores de resistência ao avanço;

- ✓ necessidade de realização freqüente de manobras, exigindo boa eficiência a ré dos propulsores e características que não prejudiquem a manobrabilidade da embarcação e garantam um bom desempenho em parada brusca;
- ✓ operação em águas rasas e restritas, implicando em interferências no desempenho hidrodinâmico dos hélices;
- ✓ as formas cheias e de fundos planos dos seus cascos, às vezes até com a adoção de túneis de popa, piorando a distribuição de esteiras nas regiões de instalação dos hélices;
- ✓ possível presença de troncos ou outros corpos na água, podendo tornar necessária a instalação de estruturas para proteção dos hélices e dos lemes contra choques, ou, no mínimo, exigir reforço estrutural das pás a fim de aumentar a resistência a choques.

Neste sentido, o projeto dos hélices de embarcações fluviais de carga deve levar em conta este conjunto complexo de fatores: inevitabilidade de altos carregamentos nas pás, todos os fatores físicos condicionantes (como restrições de calados, formas de popa, etc.) e as alterações das condições de operação.

Algumas soluções tecnicamente atraentes quando há alterações importantes de condições operacionais, como hélices de passos controláveis, tendem a não ser adotadas em grande parte das embarcações por apresentarem custos inicial e de manutenção mais altos.

Existe muito pouco em referências bibliográficas sobre hélices de embarcações fluviais de cargas, e não muito mais sobre qualquer tipo de propulsor de alto carregamento.

Há uma concordância de vários autores de que devem ser utilizados métodos de análise e de projeto diferentes daqueles utilizados para hélices de carregamentos leves, como em VOLKER (1976), NARITA et alli. (1975) e CHRISTOPOULOS & LATORRE (1983).

CHRISTOPOULOS & LATORRE (1991) desenvolveram um procedimento de projeto para embarcação fluvial de alto carregamento, aplicando-o, anos após, no desenvolvimento de um hélice por eles denominado “semi-Kaplan”, com alterações das distribuições de cordas e de passos da série sistemática de hélices em dutos “Kaplan”, esta mostrada em GENT, Van & OOSTERVELD (1983). Os resultados do desempenho em viagens com os hélices “semi-Kaplan” mostraram que o novo procedimento de projeto introduziu uma melhoria em cerca de 10% da eficiência propulsiva do empurrador, comparando-se consumos de combustível e velocidades médias.

3 A GEOMETRIA DE PROPULSORES

A geometria do hélice é definida pelas seguintes características: diâmetro, área das pás, número de pás, ângulos de passos, perfis das seções ou distribuição de espessuras ao longo das cordas, distribuições de espessuras máximas das pás e diâmetro do bosso. Cada uma delas tem sua importância dentro do projeto, a qual deve ser verificada à luz das particularidades apresentadas por hélices com altos carregamentos de pás aplicados a embarcações fluviais.

Dada a extrema complexidade da operação de embarcações fluviais, a tendência atual é que a geometria dos seus hélices tenha algumas características como simetria do contorno das pás, espessuras maiores que aquelas de séries sistemáticas de propulsores, grande área de pás e diâmetros reduzidos. Para compensar a restrição de diâmetros, são utilizadas pequenas razões de redução de rotações dos motores, a fim de resultar em altas rotações nos eixos dos hélices.

3.1. Número de Hélices

A escolha do número de hélices de uma embarcação tem reflexo direto sobre a geometria que deverá resultar de um projeto, pois quanto maior o número de hélices, menor o carregamento das suas pás, pois haverá uma maior divisão da produção de empuxo necessário para mover a embarcação em uma determinada velocidade. O diâmetro necessário dos hélices pode ser diminuído se aumentada a quantidade de hélices da embarcação, o que leva a uma subdivisão maior da potência disponível em cada eixo.

Em embarcações que navegam em águas extremamente rasas, pode ser conveniente adotar três ou quatro hélices. Neste caso, a maior quantidade de motores, redutores, eixos e mancais necessários resultará em custos proporcionalmente maiores.

3.2. Diâmetro

A eficiência dos hélices tende a crescer com o aumento do diâmetro, porque o carregamento específico das pás (representado por $C_{TH} = \frac{T}{\frac{1}{8}\cdot\rho\cdot V_A^2\cdot\pi\cdot D^2}$) decresce. A eficiência ideal η_I aumenta com a diminuição de C_{TH}, conforme PADOVEZI, C. D. (1977).

O diâmetro de um hélice é limitado pela geometria da região onde vai ser instalado. Tal região deve ficar totalmente imersa para que não ocorra aeração (recolhimento de ar pelas pás do hélice). Em embarcações com restrições extremas de calado, pode haver a necessidade de aplicação de túneis de popas, que, com geometria apropriada de uma “escavação” nas linhas da

popa da embarcação, de modo a permitir hélices com diâmetros superiores ao calado (até cerca de 10% a mais) CHRISTOPOULOS & LATORRE (1983). .

A experiência tem mostrado que os túneis de popa, que encarecem a construção e aumentam riscos de vibrações e de perdas de eficiência, devem ser adotados como alternativa radical, quando não há possibilidade de absorção das potências necessárias dos motores por diâmetros menores que os calados das embarcações.

A distância das pontas das pás ao casco deve ter um valor mínimo que garanta que os esforços variáveis induzidos pelo propulsor não sejam elevados, a ponto de introduzir intensidades de vibrações indesejadas. Quanto maiores as distâncias das pás ao casco, menores as possibilidades do hélice induzir vibrações. Estas distâncias (claras) são recomendadas por projetistas e sociedades classificadoras em valores que variam de 8% a 25% do diâmetro do hélice, dependendo do tipo de embarcação, conforme BROCKETT et alli. (1981).

No caso de embarcações fluviais de cargas, onde as restrições de calados são determinantes, há uma tendência de utilizar os maiores diâmetros possíveis, diminuindo as claras em valores próximos dos limites onde as vibrações induzidas pelo propulsor podem tornar-se inconvenientes e danosas. Em alguns casos, há a necessidade de diminuição do diâmetro de hélices de determinada embarcação em operação, devida à constatação de altas intensidades de vibrações na popa, ocasionadas por uma distância do hélice ao casco insuficiente.

3.3. Área das Pás

A área das pás de um hélice tem influência sobre dois aspectos importantes: em princípio, quanto menor a área das pás, menores as perdas por atrito (arrasto) e maior a eficiência do hélice; por outro lado, quanto menor a área da pá maior a sua suscetibilidade ao fenômeno de cavitação. Uma forma prática e confiável de se prever problemas relacionados com cavitação é a utilização do diagrama de Burril [BRESLIN & ANDERSEN (1994)], Figura 1, baseado em dezenas de ensaios em túneis de cavitação de hélices de geometrias variadas. O diagrama relaciona o coeficiente de carregamento referido com pressões presentes nas pás τ_C e o índice de cavitação relativo à velocidade resultante na seção a r/R=0,70 das pás $\sigma_{0,7R}$.

Os projetistas tendem a buscar sempre a utilização da menor área possível das pás, pois a eficiência tende a decrescer com o aumento da área devido ao fato das perdas por atrito

aumentarem. No caso de hélices de alto carregamento (altos valores de C_{TH}), as perdas axiais são tão grandes que as pequenas perdas por atrito passam a ser irrelevantes, quando se considera a vantagem de haver uma maior margem de segurança em relação à cavitação proporcionada por uma área maior de pá.

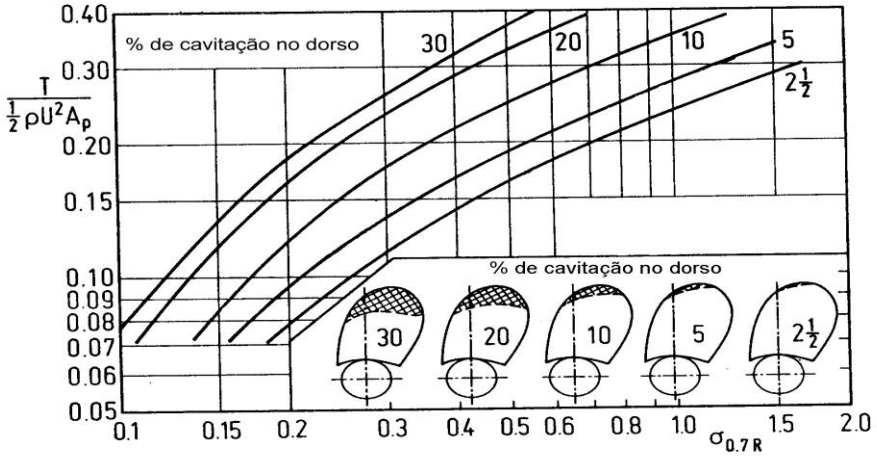


Figura 1 - Diagrama de Burril para Previsão de Quantidades de Cavitação em Pás de Hélices.
Fonte: Burril & Emerson, "Propeller Cavitation: Further Tests on 16 *in* Propeller Models in the King's College Cavitation Tunnel". Transactions of NECIES, 1962, vol.79, pp. 295-320, [BRESLIN & ANDERSEN (1994)].

$$\tau_C = \frac{T}{\frac{1}{2}\cdot\rho\cdot V_R^2\cdot A_P} \qquad \sigma_{0,7R} = \frac{P_o - P_V}{\frac{1}{2}\cdot\rho\cdot V_R^2} \qquad V_R = \sqrt{V_A^2 + (0,7\cdot\pi\cdot n\cdot D)^2} \qquad A_P = (1,067 - 0,229\cdot\frac{P}{D})\cdot A_E$$

A Tabela 1 mostra alguns valores de eficiências em água aberta de três hélices da série B-Troost de 4 pás e razão P/D=1,0, mas com razões de áreas expandidas Ae/Ao diferentes (0,40 , 0,70 e 1,00), variando com o coeficiente de carregamento das pás C_{TH}. Como se pode notar na Tabela 1, as diferenças de eficiências só são importantes em valores menores de C_{TH}. A razão principal pode ser explicada pela Figura 2, baseada em dados de BRESLIN & ANDERSEN (1994), que mostra as várias componentes das perdas de eficiências em hélices. A eficiência de um hélice em água aberta pode ser definida da seguinte forma:

η_O = 1- (perdas axiais) - (perdas rotacionais) - (perdas por arrasto nas pás).

Tabela 1 - Comparações de Eficiências em Água Aberta de Hélices B-Troost com Três Razões de Áreas Expandidas, em Função do Coeficiente de Carregamento C_{TH}. 4 Pás, P/D = 1,00 - PADOVEZI (1997)

	EFICIÊNCIAS EM ÁGUA ABERTA η_O (%)		
C_{TH}	Ae/Ao=0,40	Ae/Ao=0,70	Ae/Ao=1,00

0,5	69,9	69,0	63,8
1,0	64,8	63,7	61,0
3,0	49,6	48,3	47,6
5,0	41,7	40,7	40,3
6,0	39,0	38,0	37,8
7,0	36,7	35,8	35,7
8,0	34,8	34,0	33,9
9,0	33,2	32,4	32,4
10,0	31,8	31,0	31,0

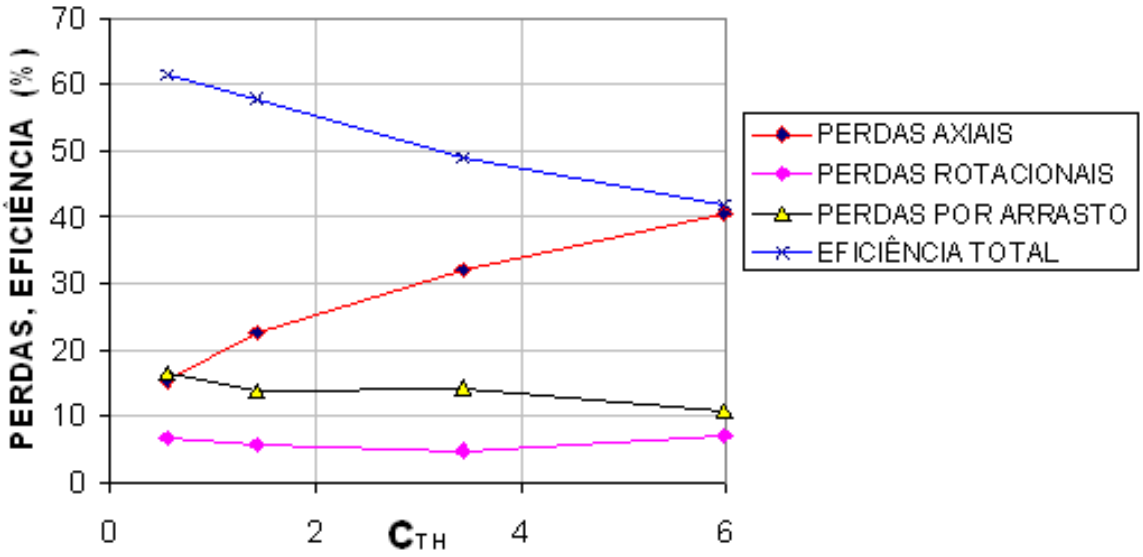


Figura 2 - Perdas de Eficiência de Um Hélice em Função do Carregamento das Pás, baseada em BRESLIN & ANDERSEN (1994)

As perdas relacionadas com a área das pás são aquelas devidas ao arrasto nas pás, que apresentam tendência de diminuir com o aumento de C_{TH}. Proporcionalmente, a importância das perdas por arrasto diminui mais ainda com o acréscimo de C_{TH}, devido ao fato das perdas axiais crescerem de uma maneira significativa, fazendo cair drasticamente a eficiência total.

3.4. Número de Pás

O número de pás de hélices de embarcações fluviais varia geralmente de 3 a 5, sendo mais comum hélices de 4 pás. Hélices com menores números de pás tendem a ter eficiências levemente maiores que aqueles com mais pás. Por outro lado, os hélices com números de pás menores apresentam níveis de vibrações induzidas significativamente maiores que os hélices de maior número de pás.

Contudo, o aspecto mais importante ligado à escolha do número de pás de um hélice está relacionado com a freqüência de excitação de vibrações no casco e no sistema eixo-propulsor. A freqüência de excitação (freqüência da passagem das pás Z.n) deve ser diferente das freqüências de ressonâncias do casco e do sistema de eixos propulsores.

Quando não há problemas de proximidades de freqüências de ressonâncias, há uma tendência de utilizar 4 pás porque há uma maior facilidade de construção e balanceamento estático e dinâmico das pás e porque está entre Z=3 (eficiência um pouco maior) e Z=5 (vibrações induzidas menores).

3.5. Espessuras Máximas

Basicamente, a determinação das espessuras máximas das seções das pás de um hélice depende do cálculo de resistência estrutural necessária. As sociedades classificadoras indicam formulações para calcular as espessuras mínimas requeridas que, inclusive, levam em consideração a probabilidade de fadiga do material.

No caso de embarcações que operam em águas onde há grande probabilidade de ocorrência de choques nas pás de seus hélices, como acontece com navios quebra-gelo e algumas embarcações fluviais, pode haver necessidade de aumento das espessuras para que haja uma resistência adicional que evite fraturas e deformações das pás durante sua operação.

A Tabela 2 mostra os valores de razões de espessuras máximas por diâmetro de hélices da série B-Troost, obtidos de OOSTERVELD & OOSSANEN, Van (1975), e série Kaplan, obtidos de GENT, Van & OOSTERVELD (1983), e de um navio quebra-gelo, obtidos de WALKER et alli. (1997). No caso do navio quebra-gelo, o diâmetro do bosso é cerca de 30% do diâmetro do hélice e nota-se que o aumento de espessuras é maior proporcionalmente nas proximidades das pontas das pás, onde há maiores riscos de choques.

O'BRIEN (1962) apresenta alguns dados de correções de passos e de eficiências medidos em hélices com aumentos de espessuras de 100% com relação às espessuras previstas pela série B-Troost. Os resultados obtidos para hélices operando em coeficientes de avanço J baixos e com alto carregamento, para que o hélice com o dobro de espessuras mantenha a mesma condição de operação que outro com espessuras de série (mesmo empuxo resultante, em mesmo número de rotações) foram os seguintes:

- na condição de tração estática ("bollard-pull"), a correção em passo deve ser de 3%,
- para velocidades entre 3 e 4 nós (1,5 a 3,0 m/s), as correções de passos devem ser de 6%;
- em velocidades maiores, a correção necessária de passo chega a 10%;

- a diminuição de eficiências nas várias condições é da ordem de 2%, para o caso de embarcações onde o projeto do hélice é feito a partir de restrição de diâmetro.

O aumento de espessuras máximas implica em aumento da razão t/c (espessura/corda) das seções, alterando a forma dos perfis das seções das pás (distribuições das espessuras ao longo das cordas). As distribuições de pressões sofrem alterações que podem fazer com que piorem as condições de cavitação dos perfis mais próximos das pontas das pás. Para compensar o aumento de espessura, uma solução satisfatória é aumentar as cordas das pás (a área expandida).

Tabela 2 – Distribuições de Espessuras Máximas das Seções das Pás ao Longo do Raio para Séries B-Troost, Kaplan e Navio Quebra-Gelo. Hélices de 4 pás – PADOVEZI (1997)

r/R	tr/D		
	B-TROOST	KAPLAN	QUEBRA-GELO
0,200	0,0366	0,0400	-
0,300	0,0324	0,0352	0,0530
0,400	0,0282	0,0300	0,0476
0,500	0,0240	0,0245	0,0421
0,600	0,0198	0,0190	0,0367
0,700	0,0156	0,0138	0,0313
0,800	0,0114	0,0092	0,0259
0,900	0,0072	0,0061	0,0204
1,000	0,0030	0,0050	0,0150

3.6. Passos

A distribuição de ângulos de passos ao longo do raio está diretamente ligada à distribuição de circulação e de carregamento das pás. Neste sentido, às vezes, modifica-se a distribuição de passos para resolver problemas específicos, como, por exemplo, aliviar o carregamento das pontas das pás de embarcações de guerra, a fim de diminuir intensidades de cavitação e, consequentemente, de ruído.

Em navios de grande porte, com altos coeficientes de blocos, geralmente há necessidade de se moldar a distribuição de passo às variações médias dos valores de esteiras nominais (velocidades de escoamento na região de instalação do hélice). Geralmente, o limite da variação radial de passos de uma pá é dado pela praticidade construtiva, ou seja: são evitadas distribuições de passos que levem a geometrias de pás muito complexas e de difícil implementação.

No caso de embarcações fluviais, em princípio, é recomendado que sejam adotadas distribuições de passos simplificadas das séries sistemáticas, com passos constantes ao longo do raio, o que, no mínimo, facilita a construção dos hélices.

3.7. Caimento ("rake") e Assimetria do Contorno das Pás ("skew")

O caimento é uma inclinação do eixo das pás no sentido longitudinal da embarcação, geralmente para ré. Trata-se de um expediente para aumentar as distâncias das pontas das pás ao casco ou para aumentar o diâmetro do hélice possível de ser instalado em determinada popa. O aumento das distâncias das pás ao casco diminui o risco de ocorrência de vibrações induzidas pelo propulsor. Como inconveniente, introduz momentos que obrigam a adoção de maiores espessuras nas raízes das pás.

O "skew", assimetria do contorno em relação à linha geratriz da pá, apresenta uma grande contribuição para a redução dos níveis de cavitação intermitente (que pode provocar erosão) e de vibrações induzidas pelo propulsor em operação em campo não-uniforme de velocidades. A adoção de "skew" exige um projeto estrutural das pás mais elaborado por conta da assimetria do contorno, que leva à uma composição complexa de esforços resultantes em cada perfil radial. O "skew" torna mais suave a passagem das pás pelas várias regiões de velocidades diferentes do campo de esteiras, diminuindo as intensidades das flutuações de pressões junto às pás.

Tanto o caimento como o "skew" não introduzem diferenças significativas nas eficiências dos propulsores em condições de operações normais, a vante. Contudo, quando em operação à ré, os hélices com estas assimetrias apresentam certa redução de eficiência quando comparados com hélice sem caimento e sem "skew". Nas embarcações fluviais, onde a operação à ré dos hélices é freqüente, tem havido uma tendência de evitar-se tanto o caimento como o "skew" no projeto dos hélices.

4 *CONSIDERAÇÕES SOBRE OS PROBLEMAS E SOLUÇÕES DOS PROPULSORES DE EMBARCAÇÕES FLUVIAIS E DE APOIO OCEÂNICO*

4.1. O problema da baixa eficiência do sistema propulsivo das embarcações fluviais de carga, praticamente inevitável por conta do alto carregamento das pás, pode piorar muito se as linhas da popa e os sistemas auxiliares de manobras e de proteção contra choques levarem a um comprometimento dos coeficientes propulsivos, refletidos em baixos valores de eficiência do casco η_H .

4.2. A condição de projeto do hélice deve ser escolhida, de preferência, fazendo-se uma média ponderada (em função do tempo) de todas as condições de operação do comboio. O projeto de hélices de passo fixo para a condição de tração estática não é recomendável para as embarcações fluviais, pois tem como conseqüência a limitação da razão passo/diâmetro, implicando em sub-utilização das potências disponíveis dos motores quando em condições normais de operação a vante. A obtenção de grandes forças de tração estática, para aumentar a segurança e a manobrabilidade com a embarcação em velocidade zero, pode ser garantida pela adoção de hélices em dutos.

4.3. A Figura 3 apresenta uma comparação entre as eficiências em água aberta de hélices de duas séries (B-TROOST e KAPLAN, esta em dutos) e a eficiência ideal η_I, obtida através da Teoria do Disco Atuador, em função do coeficiente de carregamento em empuxo dos hélices. Como pode ser verificado, em altos carregamentos, os hélices em dutos apresentam maiores eficiências em água aberta, o que é explicado pela contribuição do empuxo resultante nos dutos. Quanto menor a velocidade da embarcação, maior o carregamento C_{TH} das pás e maior o diferencial entre velocidades externa e interna nos dutos, resultando em maior empuxo. À medida que a velocidade da embarcação (a velocidade externa do duto) aumenta, diminui a contribuição em empuxo do duto (a sustentação) e aumenta a sua resistência (arrasto).

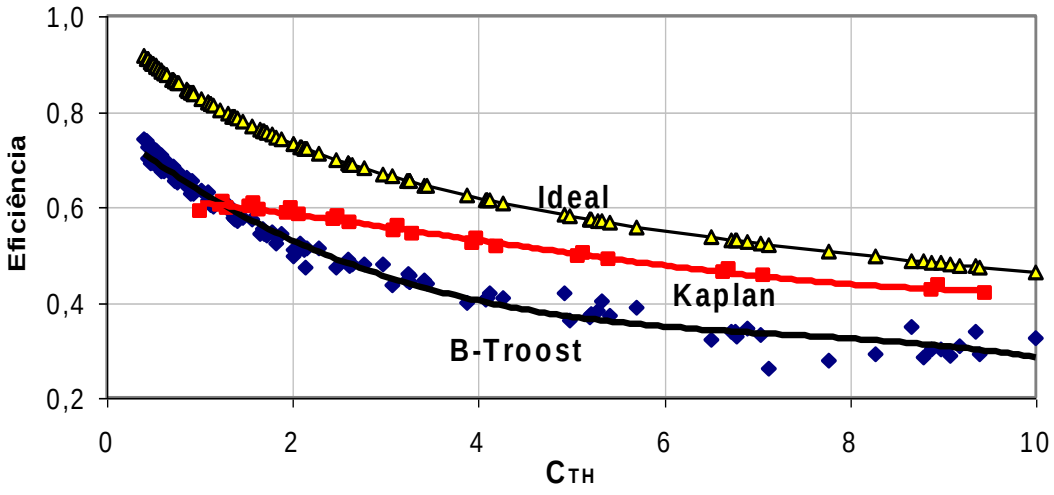


Figura 3 - Eficiência Ideal e das Séries Sistemáticas B-Troost e Kaplan em Função de Coeficiente de Carregamento C_{TH} PADOVEZI (1997)

$$C_{TH} = \frac{T}{\frac{1}{2}\cdot\rho\cdot A_0\cdot V_A^2} = \frac{T}{\frac{1}{8}\cdot\rho\cdot\pi\cdot D^2\cdot V_A^2} \qquad \eta_I = \frac{2}{1+\sqrt{1+C_{TH}}}$$

4.4. Para muitas embarcações, pode ser vantajosa a adoção de hélices em dutos (tubos Kort), pois possibilita maiores empuxos a baixos coeficientes de avanço, garantindo bom desempenho em tração estática (“bollard-pull”) e em velocidades de cruzeiro. Para embarcações fluviais de carga, as maiores desvantagens (certa porcentagem do duto pode não contribuir com empuxo devido à proximidade do casco e exigência de cuidados redobrados em não permitir choques das pás com pedaços de troncos) podem ter uma relevância tal que torne impeditiva a utilização de hélices em dutos. Em embarcações fluviais de carga que operam em locais de água mais limpa, sem muito detrito, e com calados relativamente maiores, será sempre vantajosa a adoção de hélices em dutos.

4.5. A geometria adequada das pás dos hélices de embarcações fluviais de cargas deve possuir:

- contorno simétrico (ou aproximadamente simétrico) das pás (ou seja, sem “skew”) e não utilização de caimento (“rake”), a fim de possibilitar maior eficiência em operação à ré. As embarcações fluviais operam em certos períodos à ré, devido à realização de manobras de aproximação, de formações de comboios e para ultrapassagens de pontos críticos das vias. Para que as eficiências à ré dos hélices não sejam muito menores que as eficiências a vante, os hélices de embarcações fluviais devem preferencialmente ter uma certa simetria. No caso de embarcações convencionais, o “skew” contribui na diminuição dos níveis de vibrações induzidas pelos propulsores em operação em regiões de esteiras não-uniformes. Em embarcações fluviais, contudo, a desvantagem de utilização do “skew” nos hélices, pela diminuição de eficiência à ré, é maior que o possível ganho em diminuição de vibrações.
- diâmetros que permitam a instalação dos hélices nas popas sem problemas - é preferível operar com hélices de menores diâmetros (eficiências de hélice um pouco menores) do que correr riscos de comprometer a eficiência do casco, cujos efeitos sobre a eficiência propulsiva tendem a ser mais determinantes;
- áreas de pás suficientes para haver garantia de não ocorrência de cavitação excessiva, a partir da constatação que, com altos carregamentos, as diferenças de eficiências de hélices de diferentes razões de áreas expandidas não são muito significativas;

- aumento das espessuras máximas das seções das pás, de uma forma mais localizada nas pontas, tomando como base a experiência acumulada em embarcações "quebra-gelo", para que as pás possam resistir a choques com uma certa intensidade, evitando distorções nas formas das pás, que irão influenciar no rendimento operacional e obrigarão a antecipar docagens da embarcação para reparos. A avaliação dos efeitos dos acréscimos de espessuras sobre o desempenho hidrodinâmico dos hélices deve ser feita a partir de experimentos e resultados obtidos em referências bibliográficas, como, por exemplo, em O'BRIEN (1962) e em PADOVEZI et alli. (1994).

5 UM PROJETO INICIAL DE PROPULSOR

A partir de considerações técnicas referentes a cada uma das características geométricas importantes dos hélices (espessuras, diâmetro, passos, etc.), foi inicialmente proposto um hélice (Tabela 3), para realização de investigações experimentais sobre seu desempenho. Este propulsor, sem dutos, teve sua geometria baseada inicialmente no contorno da pá da série KCA, mostrada em CARLTON (1994), e na distribuição de espessuras de hélices de navios quebra-gelo, mostrada em WALKER (1997). No presente estágio, estão sendo realizados ensaios em Tanque de Provas e em Túnel de Cavitação para avaliação quantitativa de seu desempenho, comparando-o com hélices de série sistemática. Em seguida, serão construídos dois protótipos para instalação e testes em uma embarcação em escala real.

Tabela 3 – Detalhes geométricos do hélice projetado (em testes em escala reduzida). 4 pás, Ae/Ao=0,88; P/D = 0,7; Perfis NACA 16-021, Linha média NACA a=1,0

r/R	Raio (mm)	Corda (mm)	Espessura Máxima (mm)	Curvatura Máxima (mm)	Ângulo de Passo (grau)
0,200	20	45,21	10,600	3,000	48,09
0,300	30	62,65	9,650	2,750	36,60
0,400	40	77,36	8,700	2,500	29,12
0,500	50	90,73	7,750	2,250	24,02
0,600	60	101,18	6,800	2,000	20,37
0,700	70	107,20	5,850	1,750	17,66
0,800	80	109,23	4,900	1,500	15,56
0,900	90	97,22	3,950	1,250	13,91
0,950	95	79,77	3,475	1,125	13,20
1,000	100	0,00	3,000	1,000	12,56

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRESLIN, J. P. & ANDERSEN, P. (1994) **Hydrodynamics of Ship Propellers**. Cambridge Ocean *Technology Series 3, Cambridge University Press, 1994, 559 pages, Cambridge, USA.*

BROCKETT et alli. (1981) **Design Theory for Marine Propellers**. Cambridge MIT Course on Design Theory for Propellers - Lecture Notes, June 1981.

CARLTON, J. S. (1994) **Marine propellers & Propulsion**. Butterworth-Hienemann, Oxford, 1994, 498 pages.

CHRISTOPOULOS, B & LATORRE, R. (1983) **River Towboat Hull and Propulsion**. Marine Technology, SNAME, vol. 20, no. 3, July 1983, pp. 209-226.

CHRISTOPOULOS, B & LATORRE, R. (1991) **Design and Trials of a New River Towboat Propeller**. Marine Technology, vol. 28, no. 4, July 1991, pp. 236-246.

GENT, W. Van & OOSTERVELD, W. C. (1983) **Ducted Propeller Systems and Energy Saving**. International Symposium on Ship Hydrodynamics and Energy Saving. El Pardo, September 6-9, 1983. Paper No. VI-3, 19 pages.

GENT, W.Van (1979) **On the Use of Lifting Surface Theory for Moderately and Heavily Loaded Ship-Propellers**. Netherlands Ship Model Basin, Publication 536, 1979, 89 pages.

HARVALD, S. A. (1976) **Wake and Thrust Deduction at Extreme Propeller Loadings for a Ship Running in Shallow Water**. Transactions of the Royal Institution of Naval Architects. vol. 118, 1976, pp. 213-233.

KINNAS, S.A. (1992) **A General Theory for the Coupling Between Thickness and Loading for Wings and Propellers**. Journal of Ship Research, vol. 36, no. 1, March 1992, pp. 59-68.

LATORRE, R. (1976) **Flow Around Full Ship Stern: Translation of Selected Japanese and German Technical Articles**. Department of Naval Architecture and Marine Engineering, Report No. 198, University of Michigan, Ann Arbor, 1976.

LATORRE, R. et alli. (1981) **Improvement of Inland Waterway Vessel and Barge Tow Performance**. Department of Naval Architecture and Marine Engineering, Report No. 249, University of Michigan, Ann Arbor, September 1981.

LATORRE, R. & DÜNOW, H-H (1981) **Improvement of River Towboat Propulsion: Translations of Selected German and Russian Technical Articles**. Department of Naval Architecture and Marine Engineering, Report No. 243, University of Michigan, Ann Arbor, November 1981.

LUTHRA, G. (1981) **Investigation of the Wake Distribution of a Towboat Pushing a Barge Train**. Hansa, vol. 111, no. 18, September 1974, pp. 1515-1521. English translation: LATORRE & DÜNOW (1981).

MANEN, Van, J.D. (1954) **Recent Data on Cavitation Criteria**. International Shipbuilding Progress, vol. 1, no. 1, 1954, pp. 39-47.

NARITA, H. et alli. (1975) **Application and Development of a Large Ducted Propeller for the 280,000-dwt Tanker MS Thorsaga**. Transactions of Society of Naval and Marine Engineering - SNAME. vol. 83, 1975, pp. 244-273.

O'BRIEN, T.P. (1962) **The Design of Marine Screw Propellers**. Hutchinson & Co. LTD. London, England, 1962, 397 pg.

OOSTERVELD, M.W.C. & OOSSANEN, P. Van (1975) **Further Computer Analyzed Data of the Wageningen B-Screw Series**. International Shipbuilding Progress, vol. 22, no. 251, July 1975, pp. 251-262.

PADOVEZI, C.D. & HIRATA, K. (1982) **Escolha e Projeto de Propulsores**. 9º. Congresso Nacional de Transportes Marítimos e Construção Naval - SOBENA. Proceedings. Rio de Janeiro, Setembro, 1982.

PADOVEZI, C.D., TACHIBANA, T. & TAKEI, Y. (1994) **Avaliação Experimental dos Efeitos de Imperfeição nas Pás de Hélices**. 15º. Congresso Nacional de Transportes Marítimos e Construção Naval - SOBENA. Proceedings. Rio de Janeiro, Agosto/Setembro, 1994.

PADOVEZI, C. D. (1994) **Propulsores de embarcações fluviais de carga**. 15º Congresso Nacional de Transportes Marítimos, Construção Naval e Offshore, Rio de Janeiro, Outubro, 1994.
PADOVEZI, C. D. (1997) **Aplicação de resultados de escala real no projeto de hélices de embarcações fluviais**. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Naval e Oceânica. São Paulo: 1997, 87 p.
SCHWANECKE, H. (1979) **On the Propulsion Quality of Ships Operating at Restricted Water Depth**. Ocean Engineering, vol. 6, pp. 571-580, 1979.
TRIANTAFYLLOU, M.S. (1979) **Computer-Aided Propeller Preliminary Design Using the B-Series**. Marine Technology, SNAME, vol. 16, no. 4, October 1979, pp. 381-391.
VOLKER, H. (1976) **written discussion to POHL, K.H., Über die Weehsel Wirkung Zwisschen Schiff und Propeller**. English translation: LATORRE (1976)
WALKER, D. et alli. (1997) **Hydrodynamic Load on Ice-Class Propellers During Propeller-Ice Interaction**. Journal of Marine Science and Technology, SNAJ. 2:12-20. 1997.
WU, T. Y. (1962) **Flow Through a Heavily Loaded Actuator Disc**. Schiffstechnik, Band 9, 1962, Heft 47, pp. 134-138.

LISTA DE SÍMBOLOS

A_E - área expandida do hélice,
A_o - área do disco do hélice :Ao= π. D^2 / 4,
C_r - corda da seção da pá de raio r,
C_T - coeficiente de resistência total,
C_{TH} - coeficiente de carregamento do propulsor: $CT_H = T / (1/2. \rho . Ao. V^2)$,
D - diâmetro do propulsor,
g - aceleração da gravidade,
J - coeficiente de avanço do hélice,
K_Q - coeficiente de torque do hélice, em água aberta,
K_T - coeficiente de empuxo do hélice, ou da soma hélice+duto no caso de hélices em dutos,
K_{Tn} - coeficiente de empuxo do duto,
n - número de rotações,
P - passo geométrico das pás do hélice,
R - raio total do hélice: R = D/2,
r - raio de uma determinada seção da pá,
R_T - resistência ao avanço da embarcação,
R_n - número de Reynolds,
T - empuxo fornecido pelo hélice, ou pelo soma hélice+duto no caso de hélices em dutos,
V - velocidade da embarcação,
V_A - velocidade de avanço: $V_A = V . (1 - \omega)$,
Z - número de pás de um hélice,

γ - densidade da água (= massa / volume),
ρ - densidade específica da água: $\rho = \gamma / g$,
η_O - eficiência do propulsor em água aberta: $\eta_O = J.K_T/(2. \pi .K_Q)$

SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO BASEADO EM VISÃO COMPUTACIONAL E *LASER*

Dr. Paulo Henrique Buscariollo
Faculdade de Tecnologia de Jahu – FATEC
E-mail: phb.jau@ig.com.br

Dr. Helio Mitio Morishita
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
E-mail: hmmorish@usp.br

Dr. Antonio Eduardo Assis Amorim
Faculdade de Tecnologia de Jahu – FATEC
E-mail: diretoria@fatecjahu.edu.br

Ms. Luiz Alberto Sorani
Faculdade de Tecnologia de Jahu – FATEC
E-mail: sorani.fatec@yahoo.com.br

RESUMO

Este trabalho concentra-se no desenvolvimento de um sistema de visão computacional auxiliado por ponteiros de raio *laser*, que geram marcos visuais artificiais em ambientes não estruturados, possibilitando medir distâncias e ângulos baseado no método da triangulação. Foram testados *lasers* com diferentes comprimentos de onda, em ambiente aéreo e subaquático, com diferentes índices de turbidez, níveis de luminosidade e distâncias. Baseado nos resultados e utilizando o sistema de visão e *laser* como método de sensoriamento, foi projetado e implantado um sistema de posicionamento dinâmico para o plano horizontal, utilizando Filtro de Kalman. A avaliação do sistema de posicionamento dinâmico e do método de sensoriamento foi realizada por meio de simulação numérica e averiguação experimental, utilizando-se um modelo reduzido de embarcação. Os resultados experimentais indicaram a viabilidade da aplicação do método, mostrando-se um método simples, confiável, ativo e independente.

ABSTRACT

This study concentrates on the development of a computer vision system supported by *laser* pointing devices that generate artificial landmarks in non-structured environments, facilitating distance and angle measurement based on the triangulation method. *Lasers* of different wavelengths were tested in air and underwater environments, where the latter had differents indices of turbidity, levels of luminosity, and distances. Based on the results and utilizing the system of vision and *laser* as a sensor method, a dynamic positioning system for the

horizontal plane has been created through the use of Extended Kalman Filter. The evaluation of this dynamic positioning system and of the sensor method was accomplished through numeric simulation and experimental checks using a reduced model of a surface vehicle, The experimental results show that the application of the sensor method is viable and proved to be an independent, active, reliable, and simple method.

1 INTRODUÇÃO

A aplicação de um sistema de posicionamento dinâmico (SPD) em um veículo tem como objetivo fazer com que o mesmo possa perseguir uma determinada trajetória ou se manter em torno de uma posição em relação a um alvo. Assim, um SPD deve possuir um sistema de sensoriamento, um sistema de controle e um sistema de propulsores (TANNURI; MORISHITA, 2006).

No Brasil, o desenvolvimento desse tipo de tecnologia é importante para aplicação, tanto em embarcações de apoio a plataformas marítimas de extração de petróleo, nas operações de alívio do óleo dos FPSOs (*Floating, Production, Storage and Offloading*), como também em ROVs para missões de inspeção e pequenos reparos nas estruturas submersas das plataformas (HSU *et al.*, 2000).

Devido a carência no desenvolvimento de veículos submersíveis, para aplicação em meios subaquáticos fluviais, desde 1995 um grupo de pesquisadores da Faculdade de Tecnologia de Jahu (FATEC-JAHU), vem trabalhando no desenvolvimento de veículos submersíveis não tripulados de operação remota para aplicações em ambientes fluviais. Atualmente, encontra-se em fase de testes a segunda versão do projeto, denominado (VSNT–Jaú II), cuja missão principal é a captura de imagens em ambientes subaquáticas (SORANI, 2003).

Este trabalho tem como objetivo avaliar a potencialidade da utilização da visão computacional e *laser* como sensor de distância, considerando-se o comprimento de onda do *laser*, nível de luminosidade, turbidez da água e distância. Baseado nos resultados foi desenvolvido um sistema de controle para o posicionamento dinâmico no plano horizontal. A averiguação experimental do sistema de posicionamento dinâmico com visão computacional e raio *laser* foi efetuada utilizando-se um modelo reduzido de embarcação no laboratório do Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

2 VISÃO COMPUTACIONAL APLICADA EM VEÍCULOS SUBMERSÍVEIS NÃO TRIPULADOS

A visão computacional utilizada como método de sensoriamento, tem grande potencial de aplicação em submersíveis não tripulados. Porém, sua principal restrição está relacionada com o campo de visão, que tem uma distância limitada devido às características da propagação da luz na água (HORGAN; TOAL, 2006).

Para um sistema de visão computacional composto de apenas uma câmera, ser capaz de medir os deslocamentos em relação a um objeto ou alvo, o robô deve estar inserido em um ambiente estruturado, ou seja, as dimensões e características dos objetos devem ser conhecidas, pelo contrário não é possível medir os deslocamentos do robô.

Os movimentos de aproximação e recuo são calculados através da distância entre os *pixels* das bordas de um objeto ou marco visual. É importante salientar que o veículo deve estar posicionado perpendicularmente ao objeto.

Uma vez obtidas as coordenadas dos *pixels* que compõem as bordas do objeto, é possível determinar a distância através da relação:

$$D_a = D_i \left(\frac{Lp_i}{Lp} \right) \qquad \textbf{(1)}$$

onde:

D_a é a distância calculada;

D_i é a distância inicial informada;

Lp_i é a largura inicial em *pixels* do objeto;

Lp é a largura do objeto em *pixels* calculada durante o processamento.

Convém destacar que a única informação necessária para o processamento da distância através da eq. (1) é a distância inicial.

O deslocamento lateral pode ser calculado através da variação da coordenada do *pixel*, que representa o centróide do objeto, matematicamente representado por:

$$V_d = (P_i - P_a) \left(\frac{L_o}{Lp_i} \right) \qquad \textbf{(2)}$$

onde:

V_d é a variação do deslocamento lateral;

P_i é a coordenada do *pixel* do centróide no início do processo;

P_a é a coordenada do *pixel* do centróide calculada após a movimentação;

L_o é a largura do objeto ou marco visual.

Portanto, a distância D_a e V_d permite definir as coordenadas X e Y no eixo cartesiano.

A restrição do método reside no fato de que o sistema não é sensível aos movimentos de rotação e informações em 3D por possuir apenas uma câmera (CACCIA, 2003). Portanto a aplicação deste método fica limitado para uso como sensor de posição. Para suprir está limitação do sistema, Caccia (2004), Karras, Panagou e Kyriakopoulos (2006) propõem a utilização da visão combinando o uso de ponteiros de raio *laser* para que a incidência dos seus raios no alvo crie marcos visuais reconhecíveis pelo sistema, utilizando-se o método da triangulação.

O método para o cálculo da distância por triangulação a *laser* baseia-se no princípio da semelhança de triângulos (CHEN, 2001). Um ponteiro de *laser* emite um raio e, ao incidir em um obstáculo, forma um ponto que é utilizado para o cálculo da distância.

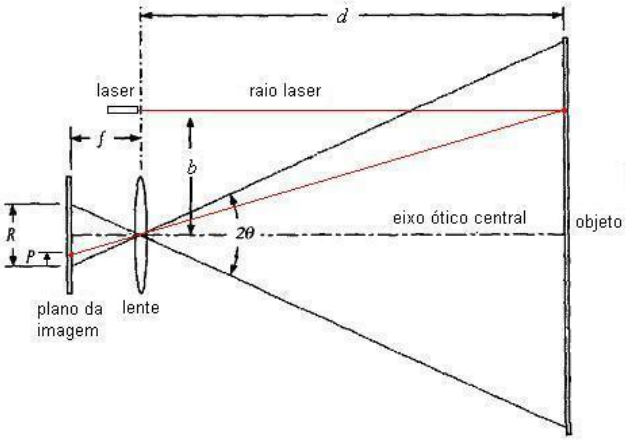


Figura 1- Esquema do sistema de detecção de distância através da triangulação

A Figura 1 mostra o esquema proposto para o método da triangulação, ilustrando o campo de visão da câmera, representado pelo ângulo θ. Onde *f* é a distância focal; *b* é a distância entre o eixo central do *laser* e o eixo central da câmera; *R* é a resolução da câmera; *P* é a coordenada que representa o centro do ponto do *laser* refletido; *d* é a distância entre a câmera e o objeto alvo.

Segundo Chen (2001), a distância focal *f* é uma informação que normalmente não é dada ou não é precisa para câmeras comuns adquiridas no mercado. Se este for o caso, podem se efetuar ensaios de calibração para obter a distância focal.

Por semelhança de triângulos, a distância é calculada por:

$$d = \frac{bR}{(2P - R)\tan\theta} \qquad \textbf{(3)}$$

onde:

$$\tan\theta = \frac{R}{2f}$$

Para o cálculo da distância, o método da triangulação utiliza a coordenada de apenas um *pixel*. No entanto, na prática, quando o raio de *laser* incide sobre o obstáculo, este é refletido e captado pelo sensor CCD (Charge Coupled Device) da câmera e normalmente, são iluminados vários *pixels* ao mesmo tempo. Dessa forma, é necessário utilizar um algoritmo para detectar a coordenada que representa o centróide do ponto do *laser*.

Existem alguns métodos aplicados para essa finalidade, tais como: prova de curva quadrática, interpolação quadrática de duas dimensões e centro de iluminação (CHEN, 2001). Sendo este último o utilizado neste trabalho.

Quando o arranjo do sistema de visão possui dois *lasers* paralelos à câmera, é possível prover o sistema da capacidade de medir, além da distância, o ângulo do veículo em relação a um objeto (KONDO; URA, 2004).

A Figura 2 mostra a ilustração de um veículo submersível aproado em relação a um plano e à projeção dos *laser*s.

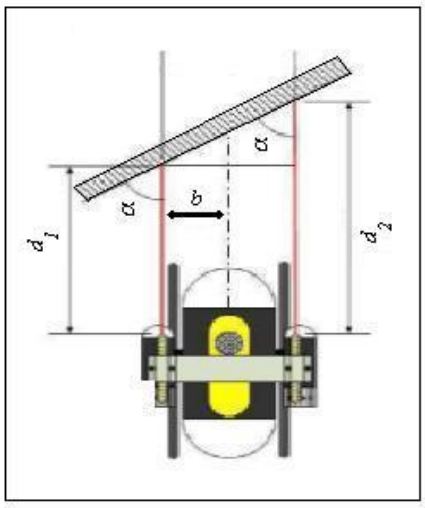


Figura 2- Esquema para cálculo do ângulo de ataque da câmera em relação à parede

As distâncias d_1 e d_2 são obtidas pela eq. (3) e o cálculo da inclinação é dado por:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{d_1 - d_2}{2b}\right) \qquad \textbf{(4)}$$

onde:

d_1 é a distância do primeiro *laser* até a parede;

d_2 é a distância do segundo *laser* até a parede;

b é a distância entre o eixo central da câmera e o raio do *laser* 1 ou 2;

α é o ângulo do veículo em relação à parede.

Quando utilizamos o método da triangulação imerso em um ambiente subaquático, são necessárias adequações para que o sistema consiga medir a distância de forma correta.

Para o cálculo da distância através do método da triangulação devem ser levados em consideração alguns fatores que podem distorcer o ponto de *laser* na imagem e, por conseqüência, influenciar no resultado do sistema, portanto é necessário ajustar os parâmetros para a captação através de um método de calibração, minimizando-se as distorções e, por conseqüência, minimizando-se o erro (CHEN, 2001; CACCIA, 2003, 2004).

2.3 Controlador

Admitindo que a posição do veículo possa ser obtida a partir do sistema de visão computacional, há que se desenvolver a lei de controle para manter o veículo estacionado em uma determinada posição e aproamento ou ainda perseguir uma determinada trajetória.

Para tanto, foi utilizada a abordagem da variável de estado para a determinação da lei de controle, uma vez que ela é mais conveniente para sistemas multivariáveis, como é o caso. Como, possivelmente, haverá ruídos de medida e também perturbação na dinâmica que não foi modelada, será efetuada uma estimação do estado através do Filtro de Kalman Estendido (MORISHITA *et al.*, 2008).

3 EXPERIMENTOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Neste trabalho foram realizados alguns ensaios preliminares com o intuito de verificar a viabilidade da aplicação de um sistema de aquisição e processamento de imagens, de maneira que o sistema possa extrair informações das imagens captadas, com o objetivo de controlar o posicionamento do veículo.

De início, verificou-se experimentalmente, no ar, a eficácia de uma única câmera para determinar as coordenadas lineares, simulando o movimento de deriva de um veículo, em relação a um objeto. Posteriormente, foi adotado o uso de *lasers* para auxiliar o sistema de aquisição e processamento de imagens, na tarefa de medir a distância e ângulo do plano da câmera, em relação a um objeto, utilizando o método da triangulação. Os experimentos foram

realizados no meio aéreo e no meio subaquático onde foram analisadas as influências dos efeitos da turbidez, iluminação e distância.

3.1 Experimentos com uma câmera em laboratório e no meio aéreo

Este experimento teve como objetivo testar a precisão do método, medindo a variação do deslocamento lateral de uma placa em relação à câmera utilizando a eq.(2); na qual se utilizou uma placa com uma faixa de aproximadamente 15 mm de largura em seu centro, como um marco visual artificial. Ocorreram sistematicamente deslocamentos de 100 mm, em um intervalo entre 300 mm a esquerda e 300 mm a direita. Variou-se também a distância da câmera em relação à placa, para testar o efeito desta variação. Os resultados deste experimento estão expostos na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados obtidos através das medições das variações dos deslocamentos laterais

Desl. (mm) / Dist. (mm)	-300	-200	-100	0	100	200	300
	Média das medidas e ± desvio padrão						
1300	-297 ±1	-198 ±1	-100 ±1	3 ±1	99 ±1	195 ±1	294 ±1
1650	-298 ±1	-197 ±1	-97 ±1	1 ±2	102 ±2	199±2	296±2
2000	-303 ±2	-205 ±2	-103 ±2	0 ±2	99 ±2	200 ±2	303 ±2

Analisando a Tabela 1 pode se concluir que o sistema é capaz de medir as variações do deslocamento lateral, com um erro médio abaixo de 1%. Em relação à variação da distância, quando esta aumenta, ocorre também um leve aumento do desvio padrão, que pode ser explicado pela variação da largura da faixa em *pixel*. Quanto mais longe, a faixa ocupa um menor número de *pixels*, aumentando a variação da coordenada do centro da faixa. Portanto, as características do marco visual escolhido, como sua largura, comprimento ou cor podem influenciar nos resultados.

3.2 Experimentos com uma câmera e *lasers*

Para testar o uso de *lasers* em conjunto com uma câmera, aplicado a visão computacional, foram efetuados vários ensaios de modo sistematizado procurando verificar os efeitos da luminosidade, do comprimento de onda do raio *laser*, da reflexão, da absorção do material e do índice de turbidez. O objetivo principal destes ensaios foi verificar o desempenho do sistema na determinação da distância entre a câmera e um alvo. Os experimentos foram realizados em laboratório na Fatec-Jahu e em campo no Rio Jacaré-Pepira que pertence a bacia hidrográfica do Rio Tietê, localizado no interior do estado de São Paulo.

Para a realização dos testes foram utilizados os seguintes componentes e equipamentos:

- dois ponteiros de *lasers* vermelhos 650nm de 3 mW;
- um ponteiro de *laser* verde 532 nm de 30 mW;
- um ponteiro de *laser* azul 473 nm de 5 mW;
- uma câmera filmadora Sony, SteadyShot CCD-TR848;
- conjunto de duas lâmpadas do tipo halógenas dicróicas, com potência de 50 W.

3.2.1 Experimentos no meio aéreo

Os experimentos foram realizados no laboratório na Fatec-Jahu e utilizando-se a iluminação do próprio laboratório (330 lumens). O objetivo foi verificar a precisão do sistema para medir distância comparando-se os resultados com *lasers* de diferentes comprimentos de onda.

As distâncias variavam de 705 mm a 4000 mm e os resultados estão mostrados através da Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados obtidos, através das medições dos experimentos em laboratório no ar

Ref.(mm) / *Laser*	705	854	1001	1150	1317	2000	4000
	Média das medidas e ± desvio padrão						
Vermelho	703 ±1	856 ±1	1002 ±1	1149 ±4	1315 ±1	199 ±2	4004 ±2
Verde	701 ±1	849 ±1	997 ±3	1141 ±5	1317 ±3	2011 ±2	4011 ±2
Azul	706 ±1	856±1	1003 ±3	1154 ±1	1320 ±4	2009 ±4	3996±4

Os valores dessa tabela indicam que foi possível medir a distância em todas as condições e a média das distâncias medidas, comparada com a medida de referência, apresentou um erro médio de 1%. Neste experimento a variação de cores dos diferentes ponteiros não influenciou nos resultados.

Com o objetivo de verificar a precisão do método para medir a variação do ângulo de aproamento, foi realizado outro experimento, também no meio aéreo. Neste caso, houve uma variação da distância entre a câmera e a placa e o ângulo de referência. A Tabela 3 apresenta os resultados desse experimento.

Tabela 3 - Resultados obtidos através das medições das variações angulares

Graus / Dist.	-10	-20	-30	-45	10	20	30	45
	Média das medições ± desvio padrão							
1300 mm	-9 ±1	-20 ±1	-28 ±1	-46 ±1	9 ±1	20 ±1	29 ±1	43 ±2
1650 mm	-13 ±2	-18 ±2	-33 ±1	-47 ±2	9 ±1	18±2	29 ±1	46 ±1
2000 mm	-8 ±3	-19 ±3	-29 ±2	-50 ±2	12 ±3	22 ±2	33 ±2	51 ±3

Analisando os resultados da Tabela 3, pode se observar que o sistema é capaz de medir o ângulo de aproamento. Porém, apresenta um erro médio aproximado de 5% entre o ângulo medido e o de referência. Observa-se também que a variação do desvio padrão tende a crescer conforme se aumenta a distância, e este fato pode gerar uma maior ou menor incidência de ruídos, gerados pelo sensor de acordo com a variação da distância.

3.2.2 Experimentos no Rio Jacaré-Pepira

Foram realizados experimentos no Rio Jacaré-Pepira para testar o sistema composto por câmera e *lasers* dentro do contexto de operação do VSNT-Jaú II, ou seja, com nível de turbidez típico da bacia do Rio Tietê, para analisar a influência do nível de turbidez, condições de iluminação e distância limite para aquisição de imagens.

Os experimentos foram divididos em duas fases: a primeira realizada no período vespertino, com iluminação natural do Sol média de 15.000 lumens e a segunda durante a noite, com iluminação ambiente média de 2 lumens.

Durante o dia e como os experimentos foram realizados em baixa profundidade, aproximadamente 600 mm, na primeira fase, os efeitos da iluminação natural da luz solar e alto índice de turbidez da água que chegou a 22,5 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez) dificultaram a captação das imagens e não foi possível detectar o ponto do *laser* na imagem e por conseqüência também não foi possível calcular a distância entre a câmera e a placa de projeção.

Durante o período noturno, a intensidade da energia luminosa do ambiente era de 2 lumens. Uma amostra de água colhida no momento do experimento e analisada posteriormente em laboratório, apresentou um índice de turbidez de 15,32 UNT.

Como exemplo, é mostrada, a Figura 3, uma imagem submersa captada durante a noite, a uma distância de referência de 1001 mm no Rio Jacaré Pepira.

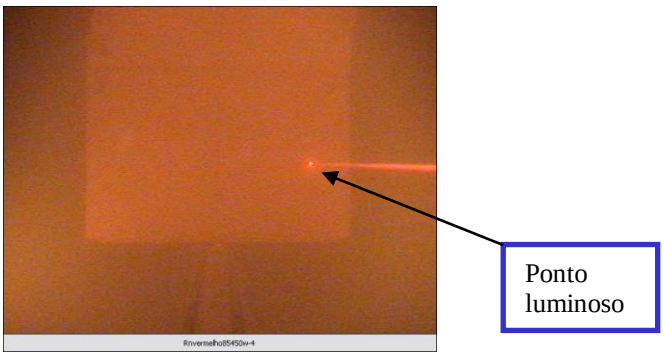


Figura 3 - Imagem do *laser* vermelho e projeção do ponto na placa

A Tabela 4 apresenta os resultados dos processamentos dos pontos dos *lasers* e verifica-se novamente que para o *laser* azul não foi possível detectar o ponto de projeção. O *laser* vermelho apresentou o melhor resultado, sendo possível detectar e medir a distância até 1150 mm, com um desvio padrão máximo de 4 mm.

Tabela 4 - Resultados dos experimentos em rio com apenas iluminação do *laser*

Ref. (mm) / *Laser*	705	854	1001	1150	1317
	Média das medidas ± desvio padrão				
Vermelho	707 ±1	850 ±1	996 ±3	1142 ±4	-
Verde	708 ±1	-	-	-	-
Azul	-	-	-	-	-

Embora o *laser* verde tenha seu comprimento de onda dentro de uma faixa que poderia apresentar um menor coeficiente de absorção comparado com o *laser* vermelho (WALTZ A., 1992), os resultados dos experimentos nestas condições indicaram que o *laser* vermelho apresentou melhor resultado.

Observa-se que o *laser* azul, foi que sofreu maior atenuação, não sendo possível o cálculo da distância. O *laser* vermelho teve menor absorção da energia luminosa, e porntanto apresentou o melhor resultado comparado com o verde e o azul. Este resultado é interessante para o projeto em termos de custo, pois os ponteiros de *lasers* vermelhos são os mais baratos do mercado.

3.3 Experimentos com o Sistema de Posicionamento Dinâmico

A proposta inicial para o desenvolvimento do SPD baseado em visão computacional e *laser* tinha como objeto a aplicação no VSNT – Jaú II. Porém, por motivos de força maior, o submersível não foi concluído a tempo. Portanto, para testes e validação do sistema de posicionamento dinâmico com o método de sensoriamento baseado em visão e *laser* foi utilizado um modelo de navio para uso no tanque de provas do Laboratório de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

3.3.1 Descrição do aparato experimental

A disposição dos equipamentos utilizados pode ser visualizada no esquema da Figura 4.

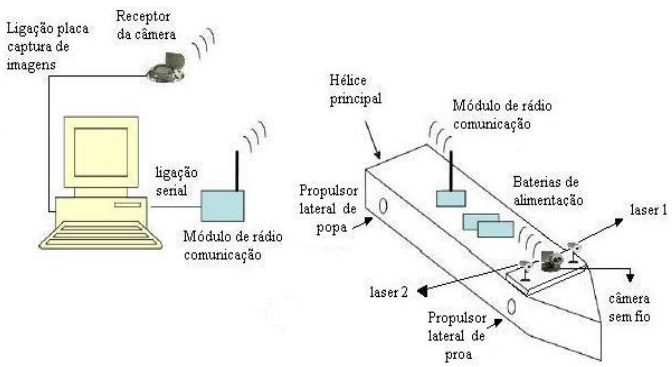


Figura 4 - Esquema de ligação entre o console e o modelo e a disposição dos componentes embarcados

Observa-se, através da Figura 4, os seguintes equipamentos:

- console de controle composto por um computador com uma placa de vídeo captura. Ligado a esta placa, um receptor de rádio freqüência, que recebe os sinais da câmera de vídeo sem fio embarcada. O envio dos sinais de controle é realizado através dos módulos de rádio comunicação.

- embarcado no modelo pode-se visualizar também o sistema de baterias utilizado para alimentação, motores e sistema formado entre câmera e *laser*. Ao lado da câmera sem fio, foram instalados dois ponteiros de *laser*s.

- O modelo é um navio dotado de um hélice principal além de dois propulsores laterais, sendo um de proa e o outro de popa.

A Tabela 5 apresenta as principais dimensões e propriedades do modelo, que foram consideradas neste trabalho.

Tabela 5 Dimensões e propriedades do modelo de unidade flutuante lastreado

Massa (Kg)	30,5
Comprimento (mm)	1780
Boca (mm)	290
Calado (mm)	80

Um programa de visão computacional foi elaborado, utilizando a linguagem de programação *Visual Basic*, que apresenta um bom desempenho para o processamento de imagens em tempo real. O programa é responsável pelo processamento das imagens captadas, extraindo as informações necessárias para o sistema de posicionamento dinâmico. Essas informações são obtidas através de marcos visuais formados pelos raios dos *lasers* embarcados e por um marco visual arbitrário fixado no início de cada ensaio.

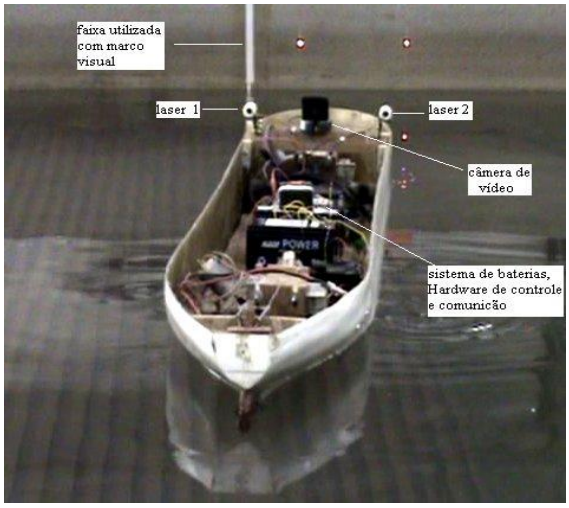


Figura 5 - Foto do modelo durante ensaio

A Figura 5 mostra uma foto captada durante um dos ensaios, na qual podem ser observados os ponteiros *laser*, a câmera embarcada, os dois pontos de *laser* projetados na parede do tanque e a faixa de marcação do tanque que foi utilizada como marco visual.

3.3.2 Ensaios

Primeiramente, os desempenhos do Filtro de Kalman Estendido e do controlador foram avaliados através de simulação numérica em microcomputador. Foram efetuadas várias simulações cujos resultados auxiliaram a determinar o conjunto de ensaios a serem realizados.

A seguir, será apresentado o resultado de um dos ensaios.

O desempenho do controlador e do filtro de Kalman Estendido foram analisados considerando-se os seguintes fatores:

- tempo de acomodação;

- erro em regime permanente;

- nível da variação do ruído;

- comparação entre os sinais estimados pela simulação e estimados durante o ensaio;

- variações do sinal de acordo com a distância e mudança de posicionamento.

Na Tabela 6 estão indicadas as condições iniciais e os valores de referência adotados, objetivando analisar o desempenho do sistema ao se variar somente a referência no eixo *X*.

Tabela 6 - Posição inicial e referência alterada durante o ensaio

Posição / Sinais estimados	Inicial	Referência
***X* (m)**	-2,08	-1,50
***Y* (m)**	0,10	0,10
ψ **(graus)**	-3,0	-3,0

Os resultados podem ser observados através da Figura 6.

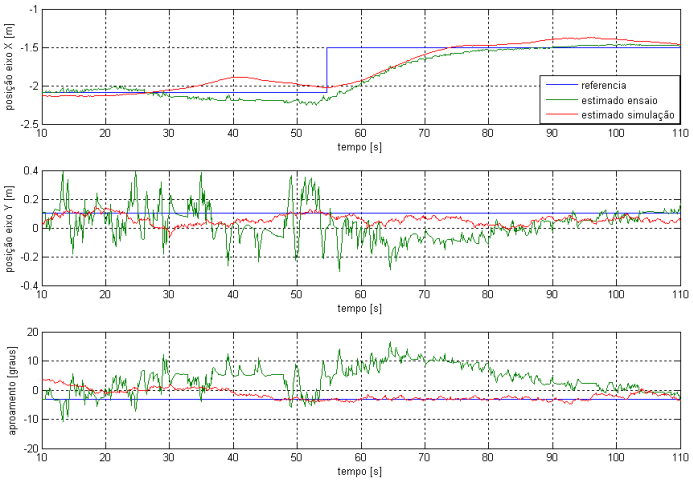


Figura 6 - Gráficos da posição estimada durante o ensaio e simulação

Observa-se através da Figura 6 que o sistema persegue a posição desejada, e o tempo para atingi-la durante o ensaio foi de aproximadamente 30s, um pouco maior que o obtido pela simulação, que foi de 25s. A velocidade média atingida no eixo *X* foi de aproximadamente 0,017m/s durante o deslocamento.

Estes resultados mostram que o sistema de controle respondeu bem às informações obtidas através do sensor, e o erro em regime permanente foi menor que 1% ao final do ensaio.

3.4 Discussão dos resultados dos experimentos

Por meio dos resultados dos experimentos, observa-se que as medições apresentaram uma boa precisão, com desvio padrão máximo de 4 mm e com um erro médio abaixo de 1%. Para medição de ângulos, a precisão foi menor, porém satisfatória, com um erro médio abaixo de 5% e com desvio padrão de 3 graus.

No caso do ambiente subaquático, o índice de turbidez e as condições de iluminação, influenciam de maneira significativa o desempenho do sistema de aquisição de imagens. Porém, quando o seu uso é combinado com os *lasers* como instrumento de medida, o seu desempenho melhora.

Nos experimentos, foram também avaliados *lasers* com diferentes comprimentos de onda. Os resultados apontaram que a faixa do vermelho foi que apresentou melhor eficácia, comparada com a azul e a verde.

A validação do sistema foi realizada, por meio de simulação numérica e averiguação experimental, e os resultados apontam que o método de sensoriamento mostrou-se eficiente, aliado ao uso do Filtro de Kalman, que reduziu os ruídos de medida e estimou a posição e a

velocidade do modelo durante os ensaios. Utilizando os sinais estimados pelo Filtro, o sistema de controle perseguiu a trajetória e manteve o posicionamento do modelo no plano horizontal de maneira satisfatória, apresentando um erro em regime permanente abaixo de 1%.

Comparando-se os resultados dos ensaios, com os resultados da simulação numérica, observa-se que o sinal gerado durante o ensaio, apresentou um nível de ruído maior e também um tempo de resposta mais lento. Porém há de se considerar que durante os ensaios, o sistema está sujeito a variações da iluminação ambiente, perturbações do processo e oscilações do sistema de medida, que não foram inicialmente previstas durante as simulações.

Os ruídos gerados pelo sistema de medição baseado em visão e *lasers* têm suas intensidades variadas de acordo com a distância entre o veículo e o objeto alvo ou parede. Para distâncias maiores, os sinais apresentaram maior oscilação devido às características do sistema de aquisição.

Quanto à medição do ângulo, este sofre uma variação mais significativa para maiores distâncias, contribuindo para as oscilações do sinal.

4 CONCLUSÕES

Neste trabalho foi mostrada experimentalmente a potencialidade do uso de *laser* e visão computacional aplicados a um sistema de posicionamento dinâmico.

O sistema de controle baseado em espaço de estado, estimado pelo Filtro de Kalman Estendido mostrou-se apropriado para este tipo de aplicação.

Pelos resultados conclui-se que o uso dos ponteiros de *lasers* possibilita o aumento do alcance do sistema de visão.

Os resultados também apontam que a aplicação deste sistema de visão em conjunto com os ponteiros de *lasers* é limitada a pequenas distâncias, devido as características do sistema de captação de imagens, diminuindo a precisão ao se aumentar a distância.

O método de sensoriamento baseado em visão com uma câmera e *lasers* é uma solução simples, ativa e independente. Ou seja, não depende de sinais de outros sensores, mostrando-se viável para aplicações em laboratórios de tanques de provas em estudos do SPD para modelos de navios, podendo ser útil também para aplicação no SPD do VSNT–Jaú II bem como em outros veículos aquáticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUSCARIOLLO, P. H.; (2003) **Análise do comportamento de um sistema de visão para o veículo submersível não tripulado – Jaú II**, Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, São Paulo, Orientador Prof. Dr. Hélio Mitio Morishita, 2003.

CACCIA, M.;(2003), **Vision-based linear motion estimation for unmanned underwater vehicles**, Robotics and Automation, 2003. Proceedings. ICRA '03. IEEE International Conference on Volume 1, 14-19 Sept. 2003 Page(s):977 - 982 vol.1

CACCIA, M. (2004), **Vision-based ROV horizontal motion control: experimental results** IFAC Conference on CONTROL APPLICATIONS IN MARINE SYSTEMS, Ancona, Italy - July 7-9, 2004

CHEN, H. (2001), **Identification of influential factors for underwater *laser* imaging**, OCEANS, 2001. MTS/IEEE Conference and Exhibition Volume 4, 5-8 Nov. 2001 Page(s):2549 - 2556 vol.4.

HORGAN J., TOAL D., (2006) **Vision systems in the control of Autonomous Underwater Vehicles**, submitted to the 7th IFAC MCMC, Lisbon, Portugal, September 2006

HSU, L. *et al*.; (2000) **Dynamic positioning of remotely operated underwater vehicles**, Robotics & Automation Magazine, IEEE, Volume 7, Issue 3, Sept. 2000 Page(s):21– 31.

KARRAS, G.C.; PANAGOU, D.J.; KYRIAKOPOULOS, K.J.;,(2006), **Target-referenced Localization of an Underwater Vehicle using a *Laser*-based Vision System**, OCEANS 2006,Sept. 2006.

KONDO, H. e URA, T. (2004), **Navigation of an AUV for investigation of underwater structures**, Control Engineering Practice (12) 1551:1559

MORISHITA, H. M., *et al.* (2008), **Aplicação de *laser* e visão computacional no sistema de posicionamento dinâmico,** 22º Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore, SOBENA, Rio de Janeiro, Brasil, outubro 2008.

REMOTELY OPERATED VEHICLE (2007) COMMITTEE OF THE MARINE TECHNOLOGY SOCIETY, USA, **http://www.rov.org/info.cfm**, acesso em 15/08/2007

SORANI, L. A.; (2003) "**Estudo da Dinâmica e Controle de um Submersível não Tripulada para uso no Ambiente Fluvia**l" Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Usp, São Paulo, Orientador Hélio Mitio Morishita, 2003.

TAKIMOTO, R. Y. (2006), **Computer Vision Techniques applied to the Depth Displacement of an AUV near the Free Surface**, Tese de Doutorado, Department of Systems Design for Ocean-Space Yokohama National University Japan, January 2006.

TANNURI, E. A. e MORISHITA, H. M., (2006), **Experimental and numerical evaluation of a typical dynamic positioning system** Applied Ocean Research, doi:10.1016/j.apor 05.05.2006, Elsevier, 2006.

TRABUCO, J., TAVARES, R., (2000), **Desenvolvimento de um Sistema de Navegação para um Veículo Autônomo Submarino**, Trabalho Final de Curso apresentado ao Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2000.

WALTZ, A. R., (1992), **A Improved Light Source For Underwater Illumination**, Ocean Technology Department, Naval Undersea Center, San Diego, EUA, p. 4-5, 1992

Congreso Panamericano de Ingeniería Naval
XXI COPINAVAL
Octubre 2009

Efecto de la Aplicación de Tanques Estabilizadores Anti-Roll para Prevenir la Resonancia Paramétrica

Marcelo A. Santos Neves[*], Claudio A. Rodríguez Castillo,
Jorge A. Merino Muñoz, Jerver E. Mañuico Vivanco,
José C. Villagómez Rosales, Radhesh Agarwal[**]
(COPPE/UFRJ, Brasil)

Resumen

El objetivo principal del presente trabajo se centra en el análisis del efecto sobre el control del movimiento de roll utilizando un tanque estabilizador pasivo tipo-U para evitar la resonancia paramétrica en olas longitudinales. Una embarcación con espejo de popa -conocida por su tendencia a presentar resonancia paramétrica- se emplea para el estudio. Un sistema de ecuaciones diferenciales no lineales describe el movimiento del fluido dentro del tanque, así como las fuerzas y momentos que el tanque genera sobre el buque son resueltos numéricamente en función del tiempo. Los resultados se presentan en forma de comparaciones del comportamiento dinámico de la embarcación con y sin tanque de estabilización en forma de límites de estabilidad, cuencas de atracción, curvas y superficies de integridad, así como curva de amplitud crítica de ola en función de la sintonía. Se discute la variación de las distintas características dinámicas resultantes de la aplicación del tanque de estabilización al navío y su efecto en la disminución del rolido paramétrico en mar de proa.

* Profesor, Departamento de Ingeniería Naval y Oceánica, COPPE, Universidad Federal de Rio de Janeiro, Ilha do Fundão, Centro de Tecnologia, Sala C-203, Rio de Janeiro, Brasil masn@peno.coppe.ufrj.br, Tel/Fax: 55 21 2562-8731.

**Alumno visitante, IIT - Indian Institute of Technology, Karagpur, India

INTRODUCCIÓN

En ondas longitudinales un navío puede ser forzado a fuertes movimientos de rolido. En vez que éste sea provocado directamente por la acción de las olas, lo es debido a un mecanismo de excitación interna llamado resonancia paramétrica. La resonancia paramétrica (o rolido paramétrico) es un mecanismo dinámico en el que el movimiento de rolido puede desarrollar muy rápidamente debido a la transferencia de energía de los movimientos verticales (arfada y cabeceo) al movimiento de roll. La amplificación del rolido se hace posible por el proceso de inestabilización asociado a los cambios oscilatorios introducidos en el momento restaurador de rolido por el desplazamiento vertical relativo asociado con el movimiento de arfada y cabeceo y el pasaje de la ola a lo largo del casco. Tales inestabilidades usualmente toman lugar cuando la frecuencia de encuentro se acerca a dos veces la frecuencia natural de rolido.

Debido al número significativo de situaciones serias de rolido paramétrica, resonancia paramétrica pronto fue considerado como uno de los más complicados e intrincados fenómenos de comportamiento de buques en el mar. Actualmente es objeto de numerosas investigaciones. Para una recopilación de muchos artículos científicos recientes relacionados con el tema, ver Neves (2006), Neves y Belenky (2008). De otro lado, es bien conocido que el control del rolido a través de dispositivos como tanques anti-rolido es una solución efectiva en mar de banda resonante. Estos dispositivos generan un momento anti-rolido en contra de la excitación, ver Lloyd (1989) y así pueden limitar la inestabilidad paramétrica en rolido. Umeda et al. (2007) probaron en olas longitudinales un diseño específico de tanque estabilizador instalado en un buque contenedor con éxito relativo. En ese estudio solo muy pocas condiciones de sintonía fueron investigadas.

El presente trabajo explora la dinámica del rolido paramétrico en mar de proa analizando un conjunto amplio de condiciones iniciales. Las simulaciones numéricas son basadas en el modelo desarrollado por Neves, Merino, Rodríguez (2009) el cual acopla no linealmente el movimiento del fluido dentro del tanque con los movimientos de rolido, cabeceo y arfada del navío. En esta última referencia, para condiciones iniciales específicas, se

analiza variaciones de parámetros para varios tanques: dimensiones características, masa de agua y nivel de disipación interna.

El presente estudio toma un tanque de los analizados anteriormente y amplía el conjunto de condiciones iniciales. El modelo no lineal que describe el movimiento del agua dentro del tanque es acoplado con el modelo matemático de tercer orden presentado por Neves y Rodríguez (2005,2006) para investigar la resonancia paramétrica en olas longitudinales. El modelo considera arfada, rolido y cabeceo acoplados extensivamente entre ellos. Este modelo matemático fue exitosamente comparado con pruebas experimentales correspondientes a fuerte rolido parametrito en mar de frente de una embarcación pesquera Neves y Rodríguez (2005, 2006) y un buque contenedor, Rodríguez et al. (2007). Por lo tanto, puede considerarse una herramienta válida para investigación numérica no lineal para el control de resonancia paramétrica por medio de tanques anti-rolido.

Una embarcación con espejo de popa - conocida por su tendencia a presentar resonancia paramétrica - se emplea para el estudio. Un sistema de ecuaciones diferenciales no lineales describe el movimiento del fluido dentro del tanque, así como las fuerzas y momentos que el tanque genera sobre el buque son resueltos numéricamente en función del tiempo. Los resultados se presentan en forma de comparaciones del comportamiento dinámico de la embarcación con y sin tanque de estabilización en forma de límites de estabilidad, cuencas de atracción, curvas y superficies de integridad, así como curva de amplitud crítica de ola en función de la sintonía. Se discute la variación de las distintas características dinámicas resultantes de la aplicación del tanque de estabilización al navío y su efecto en la disminución del rolido paramétrico en mar de proa.

MODELO MATEMÁTICO

Con el objetivo de describir los movimientos de la embarcación y el movimiento interno del fluido se emplean dos ejes de referencia. Un sistema inercia **CXYZ** moviéndose a la velocidad media del navío, tal que, en el instante t=0 el plano XY coincida con la superficie calma del agua con el punto C en la misma vertical del centro de gravedad G del navío. Un segundo sistema de coordenadas es **Oxyz**. Este segundo sistema está fijo al navío de modo que el plano **Oxy** coincide inicialmente con el plano de agua del barco en aguas tranquilas y el eje **Ox** se tiende sobre el plano diametral, siendo positivo en el sentido de la velocidad del navío, el eje **Oy** positivo dirigido hacia babor y el eje **Oz** pasa siempre por la línea vertical que contiene el centro de gravedad del navío, positivo hacia arriba. Los dos sistemas de referencia se muestran en la Figura 1.

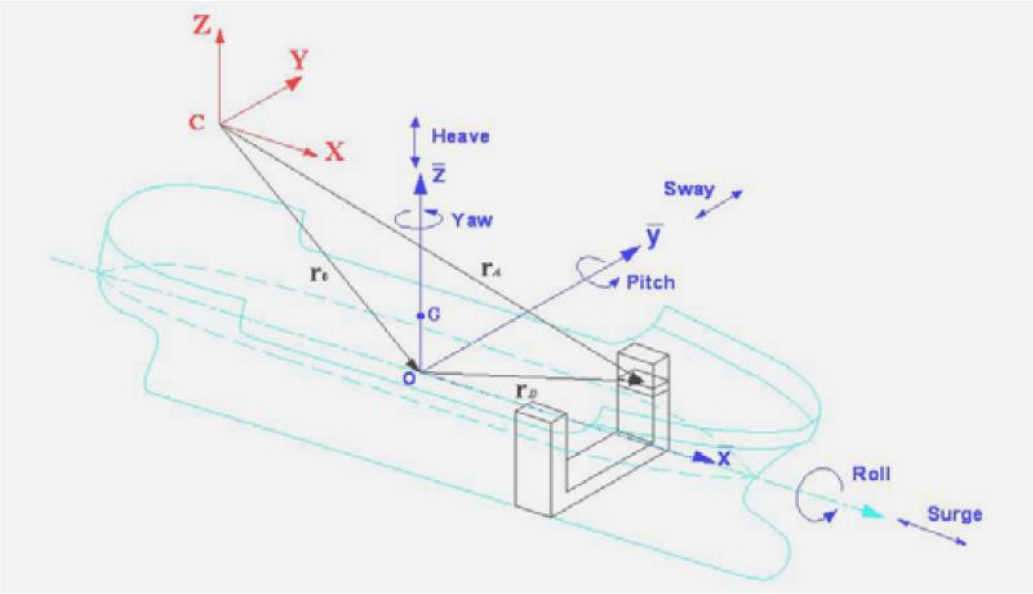
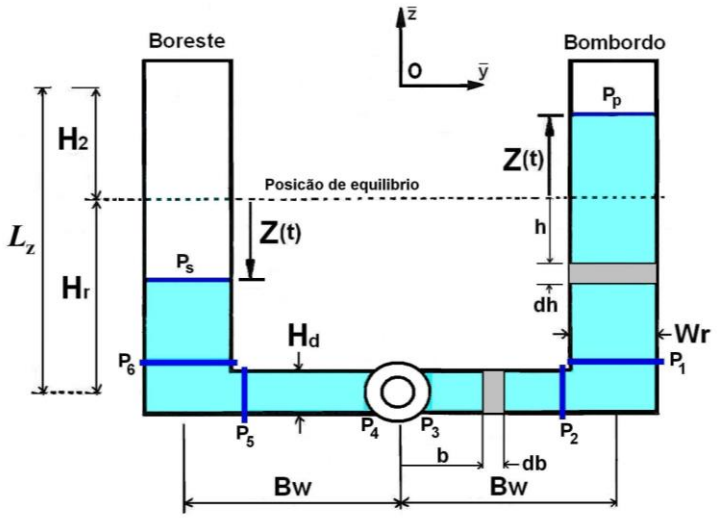


Figura 1. Sistemas de referencia para el navío TS

Las características geométricas del tanque en U son presentadas en la Figura 2, donde m% es el porcentaje de masa de fluido con respecto a la masa del navío, η_t es el coeficiente de decaimiento del fluido y ω_t/ω_4 la sintonía del tanque, siendo ω_t la frecuencia natural del

tanque y ω_{n4} la frecuencia natural del movimiento de rolido del buque. Dos reservorios verticales son conectados por un ducto transversal, todos ellos de sección rectangular constante. Se asume que el movimiento del fluido es unidireccional y es descrito por el desplazamiento del fluido Z(t), definido en la Figura 3. Debe ser notado que el punto O no necesariamente coincide con G, el centro de gravedad del navío, asumido en la posición fija (0,0, G_z)



Parámetros del Tanque	
Bw	[m] 3.00
Wr	[m] 1.50
Hr	[m] 1.50
Hd	[m] 0.381
m%	[%] 3.00
η_t	[ ] 0.30
ω_t / ω_{n4}	[ ] 1.00

Figura 2. Características del tanque

Las ecuaciones generales de movimiento son representadas como:

$$(\tilde{M} + \tilde{A})\ddot{\vec{s}} + \tilde{B}(\dot{\phi})\dot{\vec{s}} + \vec{C}_r(\vec{s}, \zeta) = \vec{C}_{ext}(\zeta, \dot{\zeta}, \ddot{\zeta}) + C_t(Z, \dot{Z}, \ddot{Z}, \vec{s}, \dot{\vec{s}}, \ddot{\vec{s}}) \quad ..(1)$$

Donde el vector $\vec{S}$ representa los movimientos del cuerpo rígido en los seis grados de libertad. En la ecuación (1), $\tilde{M}$ es una matriz 6x6 la cual describe las características de inercia del casco. Sus elementos son: m, la masa del barco, J_{xx}, J_{yy} y J_{zz}, los momentos de masa de inercia de rolido, cabaceo y guiñada, respectivamente, y J_{xz}, el producto de inercia de rolido y guiñada. Todos los momentos tomados con referencia al origen escogido. $\tilde{A}$ es también una matriz 6x6, cuyos elementos representan las masas adicionales hidrodinámicas generalizadas. $\tilde{B}$ describe los coeficientes de las reacciones hidrodinámicas dependientes de la velocidad del

navío, e incorporan términos no lineales en la ecuación de roll. $\tilde{C}$ es un vector que describe las fuerzas de restauración y momentos dependientes de los movimientos relativos entre el casco del navío y la elevación de la onda ζ(t). En el lado derecho de la ecuación (1), el vector generalizado $\vec{C}_{ext}(\zeta,\dot{\zeta},\ddot{\zeta})$ representa la excitación externa de la ola, usualmente referidos en la literatura como los términos de fuerza Froude-Krylov y de difracción de ola, dependientes del ángulo de incidencia de la ola, frecuencia de encuentro ω_e, amplitud de la ola Aw y el tiempo.

Finalmente, el vector generalizado $C_t(Z,\dot{Z},\ddot{Z},\vec{s},\dot{\vec{s}},\ddot{\vec{s}})$ representa las fuerzas y momentos actuando en el navío debido al movimiento del fluido dentro del tanque. Para el navío sin tanque, la ecuación (1) reproduce las ecuaciones del sistema no linear presentado por Neves and Rodríguez (2005, 2006).

A continuación, se muestran las expresiones relacionadas con la acción externa del tanque sobre el navío. Mayores detalles de las derivaciones son presentados en Neves, Merino y Rodríguez (2009). La fuerza para un volumen elemental del fluido se expresa:

$$\mathrm{dF}_{\mathrm{tanque}} = -(\mathrm{a}_A + \mathrm{g}\vec{g}_u)\mathrm{d}m_t \qquad ..(2)$$

Y el correspondiente momento como:

$$\mathrm{dM}_{\mathrm{tanque}} = -\mathrm{r}_B \times (\mathrm{a}_A + \mathrm{g}\vec{g}_u)\mathrm{d}m_t \qquad ..(3)$$

Y el vector generalizado definido en la ecuación (), puede ser separado en:

$$\begin{bmatrix} C_{t1} \\ C_{t2} \\ C_{t3} \end{bmatrix} = \tilde{T}\begin{bmatrix} X_a \\ Y_a \\ Z_a \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} C_{t4} \\ C_{t5} \\ C_{t6} \end{bmatrix} = \tilde{T}\begin{bmatrix} K_a \\ M_a \\ N_a \end{bmatrix} \qquad ..(4)$$

Donde $\tilde{T}$ es la matriz tridimensional de rotación y las expresiones relacionadas con el efecto del tanque sobre el navío en arfada, rolido y cabeceo son dadas a continuación en función de las características del tanque:

$$Z_{ta} = -\rho_t A_r \{C_1[g\cos\phi\cos\theta + \dot{w} + pv - qu - L_x(\dot{q} - pr)] + 4B_w p\dot{Z} + C_2(p^2 + q^2) + 2B_w(\dot{p} + qr)Z + 2Z\ddot{Z}\} \quad ..(5)$$

$$K_{ta} = -\rho_t A_r \{2B_w(H_r + L_z)\ddot{Z} - 4H_2 pZ\dot{Z} + 1/3B_w^2(C_1 + 4H_r)(\dot{p} + qr) + 2B_w[g\cos\phi\cos\theta + \dot{w} + pv - qu - L_x(\dot{q} - pr) + H_2(q^2 - r^2)]Z + 2/3(3\tilde{B}_w L_z^2 + 3H_2^2 H_r - 3H_2 Z^2 + 3H_2 H_r^2 + H_r^3)(\dot{p} - qr) + C_2[g\text{sen}\phi\cos\theta + \dot{v} - pw + ru + L_x(\dot{r} + pq)]\} \quad ..(6)$$

$$M_{ta} = -\rho_t A_r \{-2L_x Z\ddot{Z} + 4(-H_2 qZ + B_w L_z r - B_w L_x p)\dot{Z} - L_x C_1[g\cos\phi\cos\theta + \dot{w} - qu + pv - L_x(\dot{q} - pr)] + 2/3(3\tilde{B}_w L_z^2 + 3H_2^2 H_r - 3H_2 Z^2 + 3H_2 H_r^2 + H_r^3)(\dot{q} + pr) + 2B_w H_2(\dot{r} - pq)Z - 2B_w L_x(\dot{p} + qr)Z - C_2[-g\text{sen}\theta + \dot{u} - rv + qw + L_x(p^2 - r^2)]\} \quad ..(7)$$

Donde:

$$\tilde{B}_w = \frac{B_w}{R},\ C_1 = 2(H_r + \tilde{B}_w) \text{ e } C_2 = L_z^2 - H_2^2 - Z^2 + 2L_z\tilde{B}_w.$$

El problema tanque/navío puede ser analizado tomando como referencia al problema de arfada, rolido y cabeceo del navío, resultando en un problema de cuatro grados de libertad. Además, despreciando el avance, derrape y guiñada; y considerando las ecuaciones no lineales propuestas por Neves, Merino, Rodríguez (2008), expresadas de la siguiente manera:

$$(m + Z_{\ddot{z}})\ddot{z} + Z_{\dot{z}}\dot{z} + Z_{\ddot{\theta}}\ddot{\theta} + Z_{\dot{\theta}}\dot{\theta} + Z_z z + Z_\theta\theta + \frac{1}{2}Z_{zz}z^2 + \frac{1}{2}Z_{\phi\phi}\phi^2 + \frac{1}{2}Z_{\theta\theta}\theta^2 + Z_{z\theta}z\theta + \frac{1}{6}Z_{zzz}z^3 + \frac{1}{2}Z_{zz\theta}z^2\theta + \frac{1}{2}Z_{\phi\phi z}\phi^2 z + \frac{1}{2}Z_{\phi\phi\theta}\phi^2\theta + \frac{1}{2}Z_{\theta\theta z}\theta^2 z + \frac{1}{6}Z_{\theta\theta\theta}\theta^3 + Z_{\zeta z}(t)z + Z_{\zeta\theta}(t)\theta + Z_{\zeta\zeta z}(t)z + Z_{\zeta z z}(t)z^2 + Z_{\zeta\zeta\theta}(t)\theta + Z_{\zeta z\theta}(t)z\theta + Z_{\phi\phi\zeta}(t)\phi^2 + Z_{\theta\theta\zeta}(t)\theta^2 = Z_w(t) + Z_{ta} \quad ..(8)$$

$$\begin{aligned}&\left(J_{xx}+K_{\ddot{\phi}}\right)\ddot{\phi}+K_{\dot{\phi}}\dot{\phi}+K_{\dot{\phi}|\dot{\phi}|}\dot{\phi}|\dot{\phi}|+K_{\phi}\phi+K_{z\phi}z\phi+K_{\phi\theta}\phi\theta+\\&\frac{1}{2}K_{zz\phi}z^2\phi+\frac{1}{6}K_{\phi\phi\phi}\phi^3+\frac{1}{2}K_{\theta\theta\phi}\theta^2\phi+K_{z\phi\theta}z\phi\theta+\\&K_{\zeta\phi}(t)\phi+K_{\zeta\zeta\phi}(t)\phi+K_{\zeta z\phi}(t)z\phi+K_{\zeta\phi\theta}(t)\phi\theta\ =K_w(t)+K_{ta}\end{aligned}\quad ..(9)$$

$$\left(J_{yy}+M_{\ddot{\theta}}\right)\ddot{\theta}+M_{\dot{\theta}}\dot{\theta}+M_{\ddot{z}}\ddot{z}+M_{\dot{z}}\dot{z}+M_{z}z+M_{\theta}\theta+\frac{1}{2}M_{zz}z^2+\frac{1}{2}M_{\phi\phi}\phi^2+\frac{1}{2}M_{\theta\theta}\theta^2+M_{z\theta}z\theta+$$

$$\begin{aligned}&\frac{1}{6}M_{zzz}z^3+\frac{1}{2}M_{zz\theta}z^2\theta+\frac{1}{2}M_{\phi\phi z}\phi^2z+\frac{1}{2}M_{\phi\phi\theta}\phi^2\theta+\frac{1}{2}M_{\theta\theta z}\theta^2z+\frac{1}{6}M_{\theta\theta\theta}\theta^3+\\&M_{\zeta z}(t)z+M_{\zeta\theta}(t)\theta+M_{\zeta\zeta z}(t)z+M_{\zeta z z}(t)z^2+M_{\zeta\zeta\theta}(t)\theta+M_{\zeta z\theta}(t)z\theta+M_{\phi\phi\zeta}(t)\phi^2+\\&M_{\theta\theta\zeta}(t)\theta^2=M_w(t)+M_{ta}\end{aligned}\quad ..(10)$$

$$\begin{aligned}&T_{\ddot{\tau}}\ddot{\tau}+T_{\dot{\tau}}\dot{\tau}+T_{\ddot{\phi}}\ddot{\phi}+T_{\ddot{z}\tau}\ddot{z}\tau+T_{\ddot{\theta}\tau}\ddot{\theta}\tau+T_{\phi\theta}\text{sen}\phi\cos\theta+T_{\dot{z}\dot{\phi}}\dot{z}\dot{\phi}+T_{\dot{\phi}\dot{\theta}}\dot{\phi}\dot{\theta}+\\&T_{\dot{\phi}\dot{\phi}\tau}\dot{\phi}^2\tau+T_{\dot{\theta}\dot{\theta}\tau}\dot{\theta}^2\tau+T_{\phi\theta\tau}\cos\phi\cos(\theta)\tau=0\end{aligned}\quad ..(11)$$

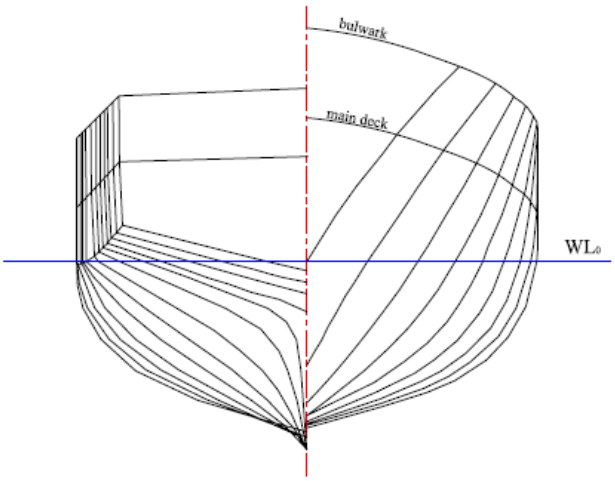
Donde los coeficientes de la ecuación (11) son dados por:

$T_{\dot{z}}=fW_r\left(\frac{B_w}{H_d}+\frac{H_r}{W_r}\right)$	$T_{\dot{\tau}}=fB_{\tau\tau}$
$T_{\ddot{\phi}}=f(L_z+H_r)$	$T_{\ddot{z}\tau}=f$
$T_{\dot{z}\dot{\phi}}=-f$	$T_{\ddot{\theta}\tau}=-fL_x$
$T_{\dot{\phi}\dot{\theta}}=fL_x$	$T_{\dot{\phi}\dot{\phi}\tau}=fH_2$
$T_{\dot{\theta}\dot{\theta}\tau}=fH_2$	$T_{\phi\theta}=fg$

Siendo $f=2\rho_t A_r B_w^2$

RESULTADOS

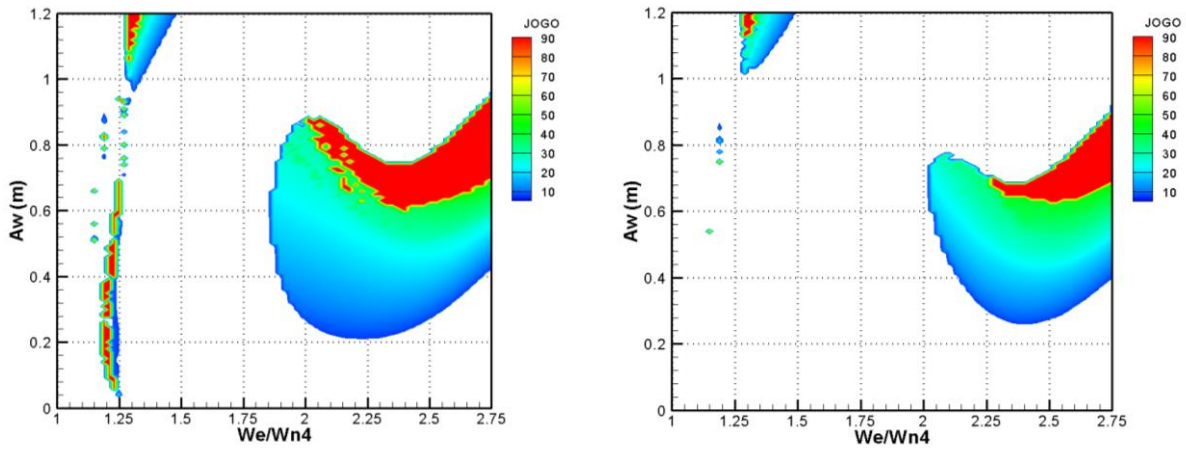
Con el objetivo de investigar la influencia del tanque estabilizador (Anti Rolling-Tank – ART) sobre el comportamiento del navío considerando un conjunto amplio de condiciones iniciales se realizan simulaciones numéricas sistemáticas del barco de pesca denominado TS, ver Figura 3. Esta embarcación pesquera, sin tanque, ha sido estudiada experimental y numéricamente en detalle por Neves et al.(2002), Neves y Rodríguez (2005,2006). Así mismo, Neves, Merino y Rodríguez (2009) realizaron diagramas de límites de estabilidad para la embarcación pesquera con y sin tanque estabilizador para un dado conjunto de condiciones iniciales y fueron estudiadas variaciones de los parámetros de los tanques: Dimensiones, masa de agua, nivel de amortiguamiento. Las dimensiones y características del tanque estabilizador son mostradas en la Figura 2.



Denominación	Navío TS
Eslora Total	[m] 25.91
Eslora entre perpendiculares	[m] 22.09
Manga	[m] 6.86
Puntal	[m] 3.35
Calado	[m] 2.48
Desplazamiento	[Ton] 170.3
Radio de Giro Longitudinal	[m] 5.52

Figura3. Características del navío TS

La influencia en la amplificación de la amplitud del movimiento de roll paramétrico será analizada con respecto a la amplitud y la frecuencia de las ondas. Para un análisis más detallado de la influencia de estos parámetros construimos gráficos ω_e / ω_{n4} vs. A_w donde las amplitudes de rolido son representadas en función de colores de acuerdo a las leyendas indicadas. Los límites de sintonía y amplitud de ola fueron escogidos intentando no alcanzar valores de pendiente de quiebra de ola.



Simulación Numérica
Navío TS: GM=0,37,Fn=0,3,ksi=180º,ϕo=0,8º
- Sin tanque Estabilizador -

Simulación Numérica
Navío TS: GM=0,37,Fn=0,3,ksi=180º, ϕo=0,8°
- Con tanque Estabilizador -

Figura 4. Límites de estabilidad dinámica

Cabe resaltar que estos limites de estabilidad son establecidos numéricamente para un único conjunto de condiciones iniciales (en este caso f_o=0,8 deg para el rolido). Teniendo en cuenta que el fenómeno de resonancia paramétrica es un fenómeno intrínsecamente no linear, éste es muy sensible a las condiciones iniciales del sistema por lo que se hace necesario un análisis mas exhaustivo y sistemático sobre la influencia de la variación de las condiciones iniciales en el roll paramétrico final del sistema.

Para hacer este análisis variando sistemáticamente condiciones iniciales se utilizan "cuencas de atracción". Las cuencas de atracción son regiones de donde parten trayectorias que llevan a un determinado conjunto de valores máximos de amplitud de rolido en un tiempo igual a 600 segundos con una resolución de 120 x 80 condiciones iniciales espaciadas regularmente con un paso de 1□° (un grado) tanto en amplitud como en velocidad de rolido. Estas cuencas de atracción son presentadas en las Figuras 5 y 6, en secuencias paralelas para una misma sintonía ($\omega_e / \omega_{n4} = 2$) y una progresión creciente de amplitudes de onda para el navío TS (0,2m – 0,4m – 0,6m) sin tanque (Figura 5) y con tanque (Figura 6). Se llega a observar claramente en el caso del navío sin tanque estabilizador el crecimiento gradual del área de cuenca de atracción y de la amplitud del movimiento de rolido debido al aumento

gradual de la amplitud de la ola (en torno a Aw entre 0,2m y 0,4m) de acuerdo a la escala de colores hasta que la erosión fractal predomina (alrededor de Aw=0,6m) y el área de cuenca de atracción empieza a disminuir, según Neves y Vivanco (2008). Comparando éstas áreas con las recíprocas del navío con tanque estabilizador (Figura 6) se puede apreciar una disminución del área de no-zozobra para amplitudes de ola bajas; sin embargo se percibe que en el caso del navío sin tanque el área empieza a ser erosionada para amplitudes menores que en el caso del navío con tanque estabilizador.

Son presentadas también las llamadas *superficies de integridad* –curvas de integridad para un rango de frecuencias determinado- plotadas para sintonías (ω_e / ω_{n4}) desde 1,6 hasta 3,2 para apreciar las diferencias entre sus tendencias. Todas las áreas son adimensionalizadas con respecto al área de la cuenca de atracción del decaimiento en roll del navío sin tanque, de acuerdo a:

$$\overline{A}(A_W) = \frac{A_S(A_W)}{A_0} \qquad ..(12)$$

Donde As(Aw) define las áreas de cuencas de atracción y Ao define el área de cuenca de atracción para Aw=0,0m

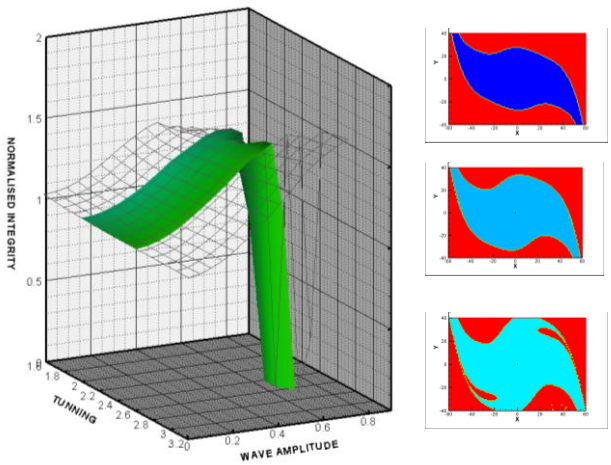


Figura 5
Superficie de integridad y cuencas de atracción sin tanque
para ω_e / ω_{n4} = 2,03 y *Aw*= 0,2, 0,4 y 0,6m

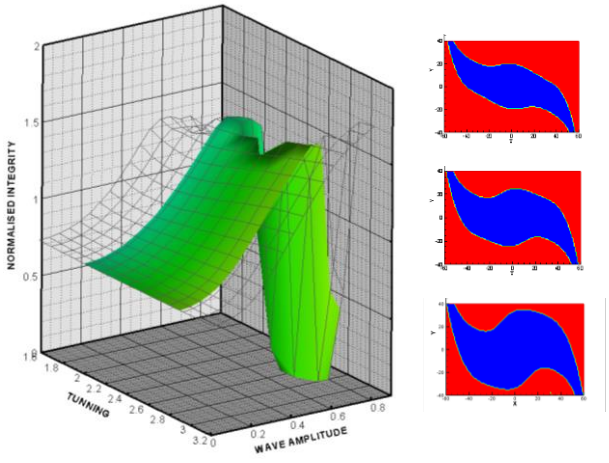


Figura 6
Superficie de integridad y cuencas de atracción con tanque
para ω_e / ω_{n4} = 2,03 y *Aw*= 0,2, 0,4 y 0,6m

En las superficies de integridad se refleja la reducción de área inicial de cuenca de atracción debido a la aplicación del tanque. Para amplitudes de onda próximas a cero la superficie de integridad sin tanque empieza alrededor del valor de 1.00 de área adimensionalizada para todas las frecuencias (Figura 5) mientras que en la superficie de integridad con tanque este mismo valor esta en torno de 0,7 de área adimensionalizada también para todas las frecuencias.

Otra característica interesante a resaltar en la superficie de integridad es que el área adimensionalizada empieza a caer dramáticamente -debido a la erosión fractal -con amplitudes de ola mayores cuando se activa el tanque estabilizador en todas las frecuencias. Puede apreciarse en la superficie de integridad del navío sin tanque que la caída de áreas empieza en torno de amplitudes de ola de 0,6m, mientras que las áreas en la superficie de integridad del navío con tanque la caída empieza alrededor de 0,7m.

Estas dos características antes mencionadas son claramente percibidas si se comparan gráficos de área adimensionalizada para una sintonía específica. Se muestra en la Figura 7 esta comparación para una sintonía ω_e / ω_{n4} = 2,154. En este gráfico se aprecia el "corrimiento" de la gráfica hacia la derecha cuando el tanque es activado, representando el aumento de la amplitud de la ola luego de la cual el área de cuenca de atracción es predominada por la erosión fractal y cae dramáticamente (amplitud de ola crítica) de 0,6m para 0,8m. Al mismo tiempo, se percibe la disminución de área de cuenca de atracción en estas sintonías debido al efecto del tanque para amplitudes de onda hasta 0,65m, valor luego del cual las áreas de cuenca de atracción son mayores que las del navío sin tanque. .

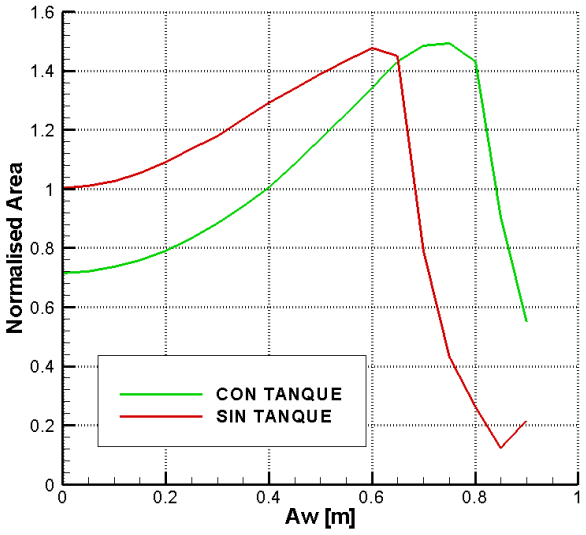


Figura 7

Curva de Integridad con y sin tanque para ω_e / ω_{n4} =2,154

De los gráficos de amplitud de ola crítica (Figura 8) se observa que se produce una variación positiva de la altura crítica con respecto a la obtenida sin la aplicación del tanque estabilizador para un rango de sintonías ω_e / ω_{n4} de 1,6 hasta 2,7. Para sintonías mayores no se aprecia ningún aumento de amplitud crítica.

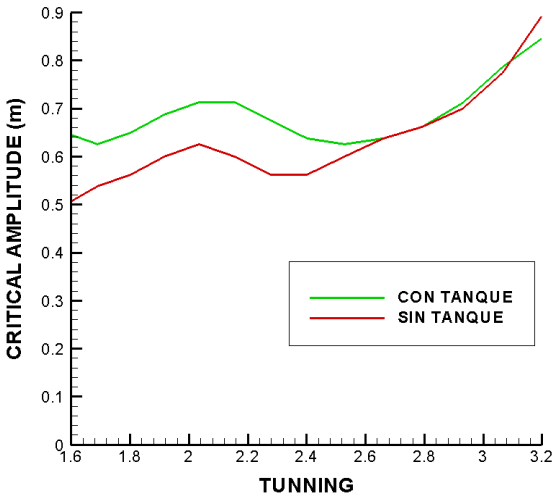


Figura 8. Amplitud crítica de ola con y sin tanque

Este aumento de amplitud crítica se considera beneficioso debido a que refleja el incremento de la rigidez del sistema y su mayor resistencia a la zozobra al mantenerse estable en amplitudes de onda mayores. Es importante recordar que el tanque de estudio es un tanque pasivo, es de esperar que con la introducción de dispositivos de control este aumento de amplitud crítica pueda ser aun mayor, asi como ampliar el área de cuenca de atracción.

CONCLUSIONES

Se presentó una metodología para analizar cuantitativamente las respuestas no lineales de los movimientos inestables del navío acoplados con el del agua dentro del tanque en olas de proa, para un conjunto amplio de condiciones iniciales de rolido. Fueron presentados los gráficos de superficie de estabilidad para el navío sin y con tanque estabilizador observándose principalmente una atenuación importante en la amplitud del rolido paramétrico, y a la vez una disminución en el área de cuenca de atracción debido al efecto del tanque. Fue mostrada también la grafica de amplitud crítica en la que se constata un aumento de la amplitud de onda crítica al activar el tanque sobre todo en sintonías bajas como un efecto positivo en el control del rolido paramétrico. Este análisis incorpora la sensibilidad a un conjunto más amplio de condiciones iniciales del sistema y permite cuantificar, en términos de aumento de amplitud crítica y reducción de área de cuenca de atracción, el efecto del tanque estabilizador en el

control del rolido paramétrico. Considerando que el presente análisis llega a obtener valores cuantificables para el rango de seguridad de la embarcación, deberá ser de interés practico para el desarrollo del proyecto de la embarcación. Estos aspectos deben ser examinados con más detalle en el futuro asi como su relación con una variación sistemática de condiciones iniciales de otros grados de libertad; asi como la introducción de sistemas de control activo del tanque y su influencia en la respuesta final del sistema.

Agradecimientos

Las investigaciones descritas en el presente artículo han sido financiadas por el Consejo Nacional de Investigación de Brasil (CNPq), CAPES y LabOceano. Los Autores reconocen y agradecen sus auspicios.

Referencias

Lloyd, A.R.J.M., 1989 - Seakeeping: Ship Behavior in Rough Weather (Chapter 18). Ellis Horwood Limited, England.

Neves, M. A. S. (Editor), 2006 – Proceedings, 9th International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles – STAB 2009, Rio de Janeiro, Brasil

Neves, M.A.S. and Belenky, V.L.,, 2008 - Review of 9th International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles (STAB 2006). Marine Technology.

Neves, M. A. S., Pérez, N., Lorca, O., 2002 – "Experimental Analysis on Parametric Resonance for Two Fishing Vessels in Head Seas". Proceedings of 6th International Ship Stability Workshop, Webb Institute, New York.

Neves, M. A. S., Rodríguez, C. A., 2004 - "Limits of Stability of Ships Subjected to Strong Parametric Excitation in Longitudinal Waves". Proceedings of 2nd International Maritime Conference on Design for Safety, Sakay, Japan, pp. 139-145.

Neves, M. A. S., Rodríguez, C. A., 2005, - "A Non-Linear Mathematical Model of Higher Order for Strong Parametric Resonance of the Roll Motion of Ships in Waves", Marine Systems & Ocean Technology, vol. 1, no. 2.

Neves, M.A.S. and Rodríguez, C., 2006, "On Unstable Ship Motions Resulting from Strong Non-linear Coupling", Ocean Engineering, Vol. 33, pp. 1853-1883.

Neves, M. A. S., Vivanco, J. E. M., 2008 – "Análise da Dinâmica Não-Linear no Balanço Paramétrico de Uma Embarcação Pesqueira", SOBENA 2008, Rio de Janeiro, Brasil

Neves, M. A. S., Jorge A. Merino, Claudio A. Rodríguez , 2009 – "A Nonlinear Model of Parametric Rolling Stabilization by Anti-roll Tanks", Ocean Engineering (accepted for publication), doi: 10.1016/j.oceaneng.2009.07.005.

Neves, M. A. S., Claudio A. Rodríguez, Jerver E. M. Vivanco, 2009 - "On the Limits of Stability of Ships Rolling in Head Seas", Journal of Engineering for the Maritime Environment, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M, U.K. (accepted for publication).

Rodríguez, C.A., Holden, C., Perez, T., Drummen, I., Neves, M.A.S., Fossen, T.I., 2007 - Validation of a Container Ship Model for Parametric Rolling. Proceedings of the 9th International Ship Stability Workshop, Hamburg, Germany.

Umeda, N., Hashimoto, H., Minegaki, S., Matsuda, A., 2007 - Preventing Parametric Roll With Use of Devices and Their Practical Impact. Proceedings, PRADS 2007 International Conference, Houston, USA, pp. 693-698.

COPINAVAL - 2009

TECHNICAL ASPECTS OF REFLOATING OPERATIONS FOR GROUNDED VESSELS

Picolo, S., Vasconcellos, J.M[1]

ABSTRACT

Despite all improvements and electronic developments relating to the safety of navigation and associated with crew training nowadays, accidents occur and will always occur for a variety of reasons. Groundings happen for different reasons, ranging from a main engine breakdown to an inadequate medicine ingested by the bridge duty officer or assisting pilot or ingestion of alcohol.

Upon grounding, immediate assistance is required in order to mitigate damages to the vessel and to the environment and related costs. Prompt assistance given to a casualty may boost one's chances of performing a salvage operation rather than a wreck removal operation: the situation of grounded vessels deteriorate quickly due to different factors such as weather and the nature of the bottom where the vessel is standing.

Additionally, considering the updated worldwide rules and regulations for environmental protection, bunkers removal from grounded vessels is fast becoming mandatory in order to mitigate hydrocarbon environmental damages, thus avoiding heavy penalties and lawsuits from different parties. In addition to bunkers removal, in case of constructive or actual total loss, it is often also necessary to proceed with the wreck removal because of visual pollution and, in some cases, lest the vessel becomes a peril to navigation.

Today, the idea that a powerful tug will solve all problems related to a grounded vessel is technically unsound. Together with a skilled salvage master and salvage team, a good shore-based technical and scientific team must be available for support in a 24-hour/day regime.

This paper highlights the main technical aspects related to salvage operations as inspection of the casualty, including cargo and flooding, inspection of the site, including weather conditions, availability of material and equipment, stability and strength calculations, grounding reaction calculation, cargo transshipment or jettisoning, patching and dewatering, pulling with usage of beach gear or tugboats and dewatering and assisted refloating. Examples and case studies are included and new research areas indicated.

1.0 Introduction

The objective of this work is to approach statistical and technical studies related to shipping accidents, including, but not limited to groundings, whether in rivers or at sea, both within a Brazilian and worldwide scenario. Initially, so that we can better understand the dynamics of the parties involved in grounding occurrences, it is necessary to go back in time and learn a little about the oldest modes of insurance, the formation of today's largest world insurance market and the technical and commercial developments of the different salvage operations of vessels and other crafts.

Marine salvage is the process of rescuing a ship, her cargo and in some cases her crew from a danger. Salvage operations includes rescuing by means of a tugboat, refloating a grounded or sunken vessel, patching or repairing a vessel. Nowadays, protecting and preserving the environment from cargoes like oil and other contaminants is considered more important and with a higher priority in relation to saving the ship and recovering her cargo.

For the carrying out of salvage operations, cranes, floating docks, diving teams and tugboats are used; all with the aim of refloating, lifting, repairing and towing a vessel under safe conditions.

In marine salvage, there are different interests represented by their "*Experts*". The parties involved do not always show compatibility in their attributions and in the development of their services inherent to that salvage operations. Normally, shipowners, cargo owners, insurers and the rescuers of the goods or thing have a legal and common interest in preserving the value of the goods in danger. However, there are other interests that may think that the cargo or even the ship could be a source of pollution, and simply ignore any value that the goods may have in view of getting rid of the problem as soon as possible.

The salvage coordinator, also known as the project manager or salvage master, is the technician who is in charge of the whole salvage operation. The salvage team to be chosen should be such that they have all the qualifications and skills necessary and should be of the least number possible.

The salvage team, composed of different professionals, such as divers, mechanics operators, welders, blowtorch operators and electricians, is responsible for the whole execution of the salvage plan prepared by the salvage engineer together with the salvage coordinator.

The shipowners are those who have the greatest interest in the goods or thing in danger and their prime interest is to have these goods or thing back to normality and generating the cash flow necessary to their business.

Hull and machinery underwriters, civil liability underwriters, cargo underwriters and others will always be present at the salvage operation and each of them will defend their interests, including in the declaration of general average.

During the development of a salvage operation, it is common that only the hull and machinery underwriters and the vessel's owners'civil liability underwriters (P&I Club) have access to the ship and the information relative to the development of the operation by the vessel salvors.

In different salvage operations government agencies also may take part in the salvage process of a vessel by force of the law. Their participation is quite broad in the world scope and is aimed at the preservation of the environment and maintenance of the existing goods. Their tasks are developed with the help of the personnel involved with the salvage operation and through their representatives who are placed on board for technical and operational accompaniment.

Construction plans and drawings should be studied and all the technical and operational information available should be stored for future use, while the salvage plan takes shape. Such information is also necessary during the development of the salvage operation.

2. Salvage Operations

Salvage operations are generally classified into the following categories:

a) Grounding

There are the most varied causes for grounding: winds, currents, sea conditions, tides, etc. A ship grounds due to human error or mechanical failure. The development of one grounding is never identical to another similar one. It is possible to state with technical reasonability that the results of groundings are always different. Navigation errors, navigation close to the coast, winds, bad weather, unknown currents and mechanical problems are contributing factors to groundings.

A refloating operation can be done by applying different methodologies or a combination of pumping ballast in or out and handling anchors.

Pumping ballast into empty water, fuel and cargo tanks so that a positive grounding reaction is obtained thus avoiding the adverse effects of buoyancy caused by tide variations or waves (surfing). The amount of ballast to be pumped should be determined based on the buoyancy characteristics of the vessel. Excess ballast should be avoided, since this may cause excessive stresses on the hull which may aggravate the damage.

Sea conditions permitting, anchors may be dropped as soon as possible after the vessel runs aground. Positions and distances must be calculated so as to maintain the grounded vessel in a fixed position and in such a way that ropes or chains may be tightened from time to time, as necessary.

b) Sinking

A ship sinks when she loses its reserve of buoyancy and some of the causes of sinking may be:

i. Flooding because of a failure of a valve, piping, hull plating, etc.
ii. Collision with a submerged object causing water to enter.
iii. Collision with another ship or floating or fixed structure.
iv. Bad weather causing capsizing or rupture of the hull plating.

The methods for removal of a ship from the bottom are:

Pumping

The vessel cannot be under more than 10.00 meters of water, as building cofferdams for depths greater than this would be difficult and costly, due to pressures imposed to the same.

Compressed Air

This method is the fastest for the removal of a small size vessel from the bottom. The organization of a salvage operation with the use of compressed air requires experience by the person responsible so that it is done successfully.

The use of compressed air in refloating operations requires that any patching or repairs done to the hull of the vessel are complete and waterproof, which is not required for pumping operations. Extensive work is necessary by the divers, whether for patching the hull or stabilizing the craft, and this type of work can be expensive, in terms of material, labor and time.

Regardless of the factors above, and before deciding for the use of compressed air, one should consider:

i. Size and number of openings in the hull;
ii. Number of patching-ups required and necessary;
iii. Cost of the operation;
iv. Pumping rate of the compressors
v. Stability calculations required during the de-watering operation using compressed air.

Lifting

This method requires a lot of seamanship with cables and tackles and the size of the ship to be saved is directly related to the lifting capacity available on the market.

Currently on the world market, the largest floating crane in operation has a capacity to lift 14,000.00 tons when using its two booms in parallel. Also available in the market, and easier to find, are floating cranes, selfpropelled or otherwise, with lifting capacity ranging from 600.00 up to 3,600.00 tons

Towing

Towing operations are much less complicated than salvage operations of grounded or sunken ships. Salvage by towing consists in simply towing a vessel or craft, helping a ship that is adrift due to problems resulting from mechanical defects, bad weather or collision with submerged objects or other ships or floating or fixed structures. It can also be employed where light groundings have occurred in muddy or sandy bottoms and in which the calculation of the grounding reaction results in a force such that the jettisoning of cargo or liquids is not needed, and that the pull of the ship associated with the tide variations or increase in the level of a river gives clear indications of a safe operation which will not cause any damages to the environment.

For the success of a rescue operation on the high seas, the following requirements are basic:

i. Tugboat, equipment and crew suited to the operation to be carried out.
ii. Knowledge of navigation for the fast location of the vessel in danger.
iii. Crew qualified for high seas approach for passing ropes and making connections.
iv. Knowledge and experience of trip-in-tow.

3.0 The Environment

Coastal damage caused by storms or bad weather is made worse by the consequences that these phenomena cause to ships, and fixed or floating structures. Pollution by hydrocarbons and / or chemical products caused by navigation accidents (groundings, shipwrecks, collisions) or simply the visual pollution caused by the abandonment in some cases cause problems to navigation channels.

In the world the preoccupation and the scenario are not different. In the great majority of oil spills in the sea, the quantity of oil spilled is less than 7 metric tons and details and figures are incomplete, according to data available through the ITOPF – International Tanker Owners Pollution Federation, that is a non profit technical organization based in London, and involved with all aspects relative to the preparation and response to spillages of oils, chemicals and any other substances into the marine environment.

Relative to the spills of oil and damages to the marine environment, ITOPF maintains a world database of the quantities of oil spillages caused by accidents at sea. The graphs in figure 1 and 2 show the results obtained by an analysis of the data obtained in the ITOPF.

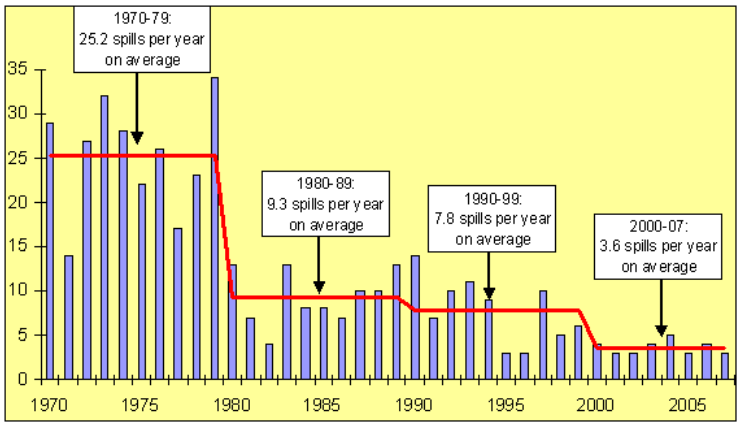


Figure 1: Number of spillages above 700.00 tm (1970→ 2005) (Ref.32)

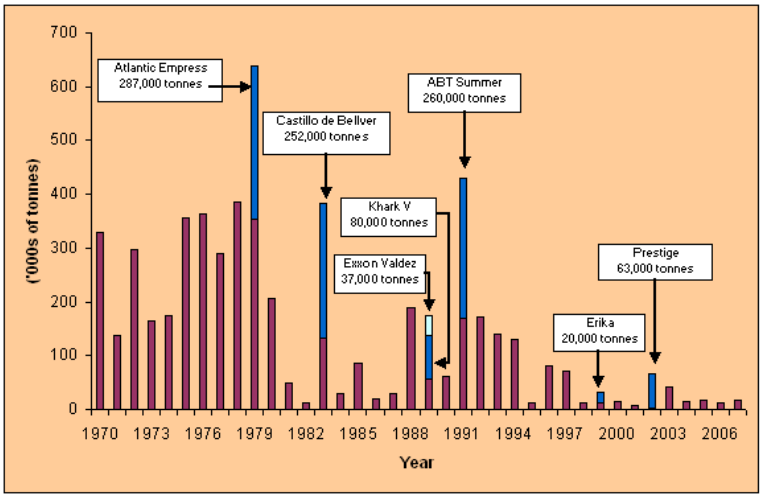


Figure 2: Amount of oil dumped into the sea (Ref. 32)

In Brazil, the last large spillage of oil by a ship in the marine enviroment occurred on 15 November 2004 due to an explosion and fire on board the Chilean flag vessel "Vicuna" of Sociedad Naviera UltraGás de Santiago – Chile, while she was berthed at Cattalini Marine Terminal, in the port of Paranaguá. .

4.0 Aspects in the Grounding of Vessels

When grounded, a vessel is subject to adverse loads that are not present when she is sailing. Associated to this, there are the damages resulting from the grounding, which will affect her structural strength. In this way, it is important that the salvage coordinator *(Salvage Master)* or salvage engineer has knowledge of and understands the movements and loads imposed on the vessel or craft after grounding.

Stabilization of the grounded vessel can be obtained by dropping her anchors at previously calculated positions and distances, by using a *beach gear* or simply by adding weight through a ballast operation.

The basic techniques used nowadays for refloating of a vessel or craft are:

i. Reduction of the static grounding reaction;
ii. Static traction applied in the direction of deep waters;
iii. Increase in the depth of the water in the site of the grounding;
iv. Combination of some of the items above.

In some cases of partial grounding, success in refloating is obtained by maneuvers associated with changes in the positioning of weights on board, adjustment of ballast and consequent changes in trim. A change in the position of the grounding reaction is altered along the body making the efficacy and yield of the force applied to the grounded vessel to be greater.

The application of static traction, whether pulling or pushing, requires force in an amount sufficient to overcome the forces of friction, suction and bottom elevations resulting from the grounding. The force of friction in the mud is the result of the product of the sheering force and the area in contact with the bottom; removing the mud from around the hull will help in the refloating operation. The force of suction can be minimized with fore and aft movements of the grounded vessel or by the scouring effect that may increase the flow of water past the hull. The use of dragging and scouring may increase the depth of the water in the site of the grounding. Tides also cause an increase in the depth in the site of the grounding, but in a temporary manner.

Grounding is treated as an event with little probability and large consequences, which is the reason why every grounding should be conducted under a regime of urgency, under all and any aspect.

An inspection of the state of the vessel after grounding is fundamental for the strategy to be adopted in the salvage. The submerged parts of the hull should be checked as to their general state and operationality, including seachests , the rudder and tailshaft sealing system. In cases where an underwater inspection is not possible or is limited due to meteorological conditions or characteristics of the site of the grounding, all the conclusions on the general conditions of the hull will have to be made by an observation of the internal part.

The underwater inspection, when done, should cover the following items:

i. The area of the hull in contact with the bed of the sea or river;
ii. The existence and location of rocks;
iii. The existence and location of penetrations in the hull;
iv. Location and dimensions of cracks and openings in the hull;
v. Type of soil in the grounding location and existence of an accumulation of material or the effect scouring.

The salvage plan defines all the work to be done covering the availability of equipment and stating dates and times for the different events; sets out the responsibilities of each member of the team or participating company; and is the instrument for coordinating all the salvage work so that the dates and times stipulated in the project can be complied with.

A good salvage plan should consider, contain and include the following topics:

i. The safety of the personnel involved;
ii. Safety of navigation in the region of the grounding;
iii. Time schedule for the work;
iv. Estimates of the costs involved;
v. Locates and makes available, as necessary, the resources required;
vi. Considers the dynamics of the accident due to the constant changes;
vii. Identifies the areas of risk and weaknesses.

The principal evaluations to be done by the salvage coordinator *(salvage master)* or salvage engineer should include:

i. Grounding reaction (static)
ii. Refloating effort
iii. Location of the neutral point of the loading (if applicable)
iv. Stability while grounded and while floating
v. Strength of the hull, damaged areas and points for application of forces and lifting
vi. Summary of the technique applied during refloating
vii. Hydrographic studies

Any technician who is involved with works relative to the salvage of vessels or any other type of craft should be familiarized with the geometry, stability and structural strength of these vessels when intact, which will allow them to:

i. Make approximations in the calculations and make technical decisions which will always be on the conservative and safe side of the project being handled,
ii. Understand the behavior of the grounded vessel, and

iii. Have a greater technical capacity as salvage coordinator *(salvage master)* or salvage engineer.

In the cases of vessels aground or during the refloating, control of weights should be even greater, and their effect on the displacement, trim and stability should be known before performing it. The removal of weights from the wrong areas or the excess removal of weights may result in a condition with precarious stability resulting in danger when refloating the vessel. The same happens as to the placement on board of salvage equipment, the placement of such weights should be avoided in high positions.

Flooding represents one of the greatest dangers to any vessel because it may result in its loss by:

- Sinking because of a loss of her buoyancy reserve, or
- Capsizing because of a loss of stability.

The flooding of a vessel may be the result of the water used in firefighting, open sea, collisions, explosions, damages to the cargo transfer systems, and any other damages that allow the entrance of liquids through the vessel's hull.

A compartment that is partially full of liquid will have this same liquid moving from one side to another according to the movements of the vessel and reducing its stability.

The combined effects of flooding are:

- Increase in displacement;
- Movement of the center of gravity position;
- Free surface effect;
- Effect of free communications (open hull and bulkheads).

The movement of the positioning of the center of gravity may improve or worsen the stability conditions of a vessel depending on the location of the shifted weight. The free surface and free communications effects always worsen stability. Each one of these effects occurs separately and should be calculated in an independent manner.

Heeling or listing is a symptom and not a cause of a reduction of stability, and its probable causes are:

- Placement of weights outside the center line
- Negative metacentric height (GM)
- A combination of the two items above.

Whenever there is heeling or listing, it is of vital importance to determine the cause before any correction, because improper corrective actions may aggravate the situation.

The longitudinal strength of a vessel is defined as the capacity that it has to support the forces imposed by its loading and the sea, including a percentage of uncertainties for other conditions, including salvage.

Two conditions common during salvage require that the force levels be calculated:

i. The vessel may have a loading not forecast in its original design.

This can happen due to flooding, grounding or another unusual loading condition making its maximum bending moment to be at another point that is not close to the midship section (amidships). The same happens with the location of sheer forces.

ii. Damage that alters the distribution of forces on a section making the maximum bending moment and maximum sheer forces occur in sections other than those above.

Damage, even in a small length, interrupts the continuity of the longitudinal elements and reduces the section module at any distance from one of the sides of the damaged section.

During a salvage operation, an analysis of the structural strength is used to determine:

i. The structural strength of the grounded vessel at the first moment;

ii. The effects of the salvage plan;

iii. The capacity of the grounded vessel to support loads.

5.0 The Grounding reaction

The involuntary grounding of vessels is the most common cause of accidents involving salvage operations. The vessel aground finds herself in a position that her designers, constructors and operators never intended her to be.

When a vessel runs aground, whether by a navigation error or by mechanical failure, the momentum will take her to the beach or reefs where she will remain partially supported partially by its buoyancy and partially by grounding. The amount of buoyancy lost is equal to the weight supported by the ground.

Weight = Buoyancy + Grounding reaction

The tides and their variations are of great importance in cases of grounding, because their variation makes the grounding reaction increase or reduce, that is:

Incoming → Buoyancy > Grounding reaction<

Outgoing → Buoyancy < Grounding>

During the development of refloating operations, it is important to know the heights of the sea during the tidal variations. In case such values are not tabulated, and assuming that between high tides the sea follows a cosine graph, we can obtain a good approximation of the values by using the expression (1)

$$Hn = \frac{R}{2}\ x\ \cos\Theta + \left(\frac{R}{2} + Hlw\right) \quad (1)$$

Where:

Hn	→	Height of tide at an hour "n" before or after high tide
n	→	Hours before or after high tide
Ǿ	→	Phase angle of the sea for one hour (180/T Degrees or π/T radians, where T is the duration of the ebbing or rising tide)
Hlw	→	Height of the ebbing tide in relation to the datum

Two qualities are important for the grounding reaction: size and distribution. The size of the grounding reaction is calculated by mathematical formulas considering the fundamental aspects of naval architecture while its distribution is difficult to estimate. There are not methods for estimates for the distribution of the grounding reaction that have been verified empirically. However, there are two approximations that can be found in practice:

1st Considering the distribution of the grounding reaction uniform along the length of the grounding and assuming its point of application to be the geometric center (Figure 3)

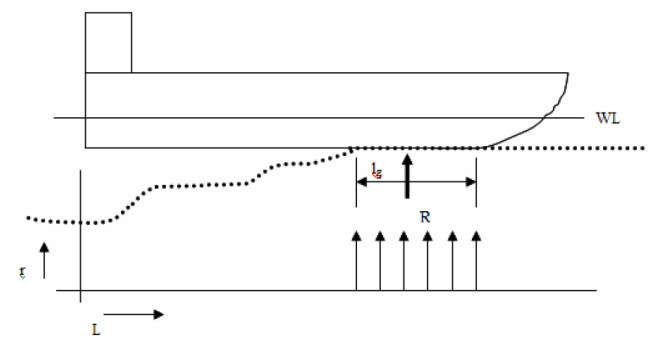


Figure 3: Grounding reaction approximation 1(Ref. 25)

2nd Considering the distribution of the grounding reaction triangularly due to the inclination (*slope*) with irregularities on the bottom, considering it to be zero at the end of the grounding reaction and the maximum at the fore part considered in the grounding reaction (assuming the bow aground or in that direction). In this case, the center of the grounding reaction will be at $^1/_3$ of the grounded length, counted from the fore part. In this theory, and considering the hull in a cave, we will probably have a trapezoidal distribution and the center of the grounding reaction will be between $^1/_3$ and ½ of the grounded length, counted as from the fore. The exact location will depend of the proportionality of the parts.

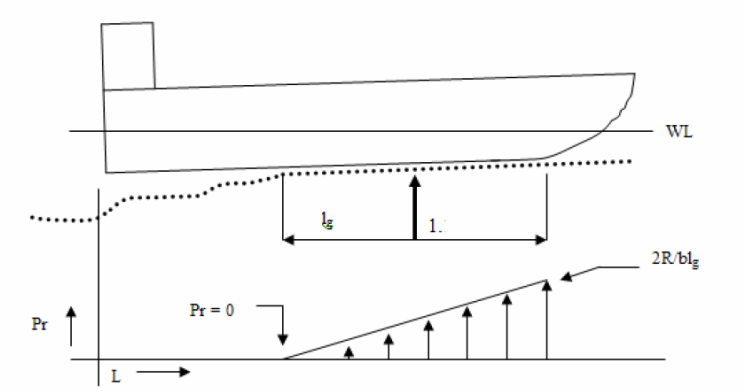


Figure 4: Grounding reaction approximation 2 (Ref. 25)

In figure 4 the nomenclature follows the description below.

$P_{max} = 2R / l_g b_{avg}$ (2)
$r = Pr\ b$ (3)

P_{max}	→	Maximum grounding pressure (Mton/ m^2 or Lton/$pé^2$)
R	→	Grounding reaction (Mton or Lton)
l_g	→	Length of the grounding (m or feet)
b_{avg}	→	Average breadth of the area of contact in the grounded length (m or feet)
b	→	Breadth of the contact area (m or feet)

The center of pressure, or simply the center of the grounding reaction, is the point at which the grounding reaction would act if it was concentrated. The determination of this point is necessary due to changes in the location of weights and their effects on the grounding reaction. This center is also the point at which the vessel will pivot.
The grounding reaction, for the large majority of cases, assumes that the distribution is uniform throughout the whole grounded length. An exception applies when groundings occur on sharp rocks and similar. In these cases a small area of the hull will be in contact with the ground and the distribution of the grounding reaction cannot be determined with accuracy, in spite of considering for such a uniform distribution over the area of the rocks.

The Neutral Loading Point - NP

The neutral loading point is the point at which the sum of the weights causes sinking parallel at the effecting point of the grounding that is exactly balanced by an alteration of the; or that is:

Parallel sinking– Alteration of trim = Zero

The concept of the neutral loading point applies to groundings that occur on rocks, being less precise in other cases. Generally, in the cases in which the center of the grounding reaction is less than "L/8" measured from the center of floating, the neutral point will be located outside the grounded area and then it should be considered as being grounded throughout its whole length.

The addition or removal of weights from the neutral loading point will not cause alterations in the grounding reaction.

The location of the neutral loading point is given by the expression 2.

$$dn = \frac{(MT1\ x\ L)}{TPI\ x\ dr} \quad (4)$$

Where:

dn	→	Distance of the LCF to the neutral loading point
MT1	→	Moment to trim 1
L	→	Length between perpendiculars
TPI	→	Tons per inch of immersion
dr	→	Distance from the center of the LCF grounding reaction

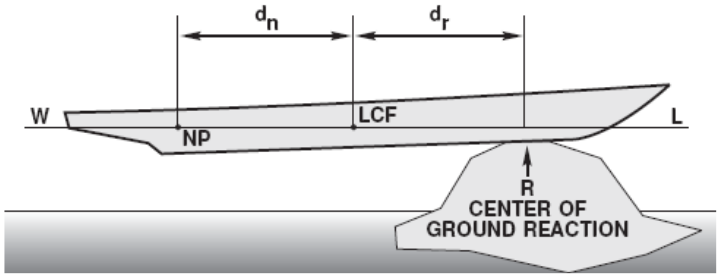


Figure 5: Neutral loading point NP (Ref. 31)

Alteration of the Grounding Reaction Caused by Change of Weights

Any change in the weights within the vessel should always reflect an equal change in the sum of the buoyancy and grounding reaction. In case a grounded vessel does not trim in response to the movement of weights, the submerged volume of the hull and its buoyancy will be

unchanged. Alteration by the removal or addition of weights will reflect directly on the calculated grounding reaction (ΔR = +/- W).

In case the grounded vessel trims out at any other point that is not the center of buoyancy, as should occur in groundings, then we have an alteration in buoyancy and consequently in the grounding reaction.

Assuming that the ship pivots on the center of the grounding reaction and that alteration will occur in the grounding reaction, we can state that:

a. Weights added or removed at the pivoting point (center of grounding reaction) will cause an alteration in the grounding reaction equal to the weight moved and will not alter its buoyancy;

b. Weights added to or removed at the neutral loading point (NP) cause an alteration in buoyancy equal to the weight moved without altering the grounding reaction;

c. The proportion in the variation of weights by alteration of the grounding reaction may be assumed as a linear variation having 0% at the neutral loading point and 100% at the center of the grounding reaction, as in the figure below.

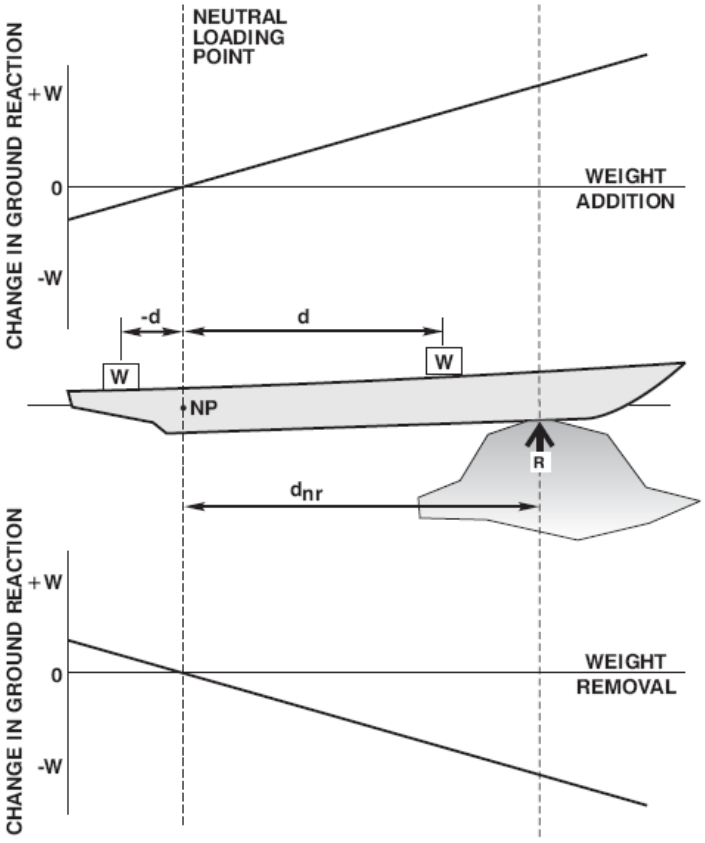


Figure 6: Changes of reaction with variations in weights (Ref. 31)

The alteration of the grounding reaction (δR) resulting from movement of weights at any point along the length of the grounded vessel may be obtained by the following mathematical relation:

$$\delta R = w\ x\ \frac{d}{dnr} \quad (5)$$

Where:

δR	→	Variation in the grounding reaction
w	→	Weight added or removed
d	→	Distance of the weight removed or added to the neutral loading point
d_{nr}	→	Distance of the neutral loading point from the center of the grounding reaction
d_{nr}	→	$d_n + d_r$

The alteration in the draft can be advanced by the relation between the changes in buoyancy and the corresponding change in the average draft by the following expressions:

$$\delta Tm = \frac{\delta B}{TPI} \quad (6)$$

$$\delta Ta = \delta Tm \, x \, \frac{da + dr}{dr} \quad (7)$$

$$\delta Tf = \delta Tm \, x \, \frac{-df}{dr} \quad (8)$$

Where:

δT_m	→	Variation in the average draft
TPI	→	Tons per inch of immersion
δB	→	Change in buoyancy = w - δR
δT_a	→	Alteration in the stern draft
δT_f	→	Alteration in the bow draft
d_r	→	Distance of the LCF to the center of the grounding reaction
d_a	→	Distance of the LCF to the stern perpendicular
d_f	→	Distance of the center of the grounding reaction to the perpendicular of the bow

6.0 The Mechanics of Grounding and its Prognostics

An evaluation of the existing bibliography, shows that grounding of vessels has been a little unexplored as far as research goes. The initial experimental research work in what concerns the mechanics of grounding and its prognostics were, initially, based on empirical methods and developed in experimental investigations. In the large majority, these studies were developed by Minorsky (1959).

Subsequently, in 1975, a statistical study relative to double bottom tanks and segregated ballast tanks in oil tankers was published by J.C. Card. He studied, between 1969 and 1973, a total of 30 groundings in American territorial waters, and he concluded that in 27 of the 30 cases the length of the damage to the hull in the vertical direction was a number smaller than B/15 (the breadth measurement divided by 15). With this analysis, we had an indication, based on statistics, that a vessel with a double bottom with a height equivalent to the number above would have prevented the spillage of the oil load into the water in 90% of the cases.

Later, since the 90s until today, several other scientific works were developed in so far as what refers to groundings of high bottoms with substrates of a varied nature, including but not limited to soft mud or rock, thanks to computational technology. Associated to this and in response to the preservation and conservation of the oceans and rivers, the International Maritime Organization *(IMO)*, that is the international organism which regulates the designs of

tanker vessels and others affecting the preservation and conservation of the environment, introduced into the world market the probabilistic procedures for the regulation of the stability of vessels in damaged conditions. Initially, the regulations were applied to passenger vessels and later to cargo ships. The methodology of the probabilistic procedures was used for the first time in response to the OPA 90 *(US Oil Pollution Act)* that had as a result requiring ships to have double hull or equivalent. The equivalence is determined based on the probabilistic calculations of an oil spillage and is defined in annex I of MARPOL 73/78 –Alternative design and construction for tanker vessels. The construction of new oil tankers that have the height of the double bottom tanks greater than 2.00 meters will also apply the calculation of the height of the double bottom by the formula or 1/15 of the breadth, and the smaller result will apply.

Based on actual statistical data, groundings occur on different types of bottom substrates, which are classified as sand, tabatinga *(like clay)* or mud, smooth rock and coral rock, and hard rock, causing different kinds of damage to the vessel structure.

7.0 Conclusion

Groundings always are and should be treated as an event of low probability and large consequences, a reason why every grounding should be conducted under a regime of urgency, under all and any aspect. A vessel, when grounded, is subject to movements and loadings for which she was not designed, like limited hydro-dynamic movements and bottom reactions in the grounding site.

The abilities of vessels and other crafts salvors to stabilize the grounded ship immediately after the accident will always be of large relevance in the success or not of the operation. The inability to mobilize personnel and equipment may cause the loss of an opportunity with favorable weather conditions or even cause the deterioration and aggravation of the grounded vessel that may cause damages of such a magnitude that results in her total loss, as well as almost irreparable damages to the environment. The management and choice of adequate technical personnel appears to be the principal aspect to be followed in salvage operations.

Technical studies based on statistical data are restricted to a certain extent due to the non-availability of data or incomplete information like vessel speed, extent of the damage to the hull and structures, and the conformity of the submerged obstacle in the case of grounding on rocks. Such information and other details are commonly treated as confidential and the prerogatives of the ship owners or simply treated as confidential due to judicial disputes.

Various techniques have been developed for the scientific treatment of the operations of refloating vessels. In this text, we point out the need to extend these developments with the inclusion of experimental tests that validate numerical applications.

8.0 Bibliographic References

[1] John J. Myers, Carl H. Holm and R. F. McAllister (1969). Handbook of Ocean and Underwater Engineering , ISBN 07-044245-2, Chapters 11 and 12
[2] D. R. Derrett (1985) Ship Stability for Master and Mates, Chapters 13 and 14.
[3] C. A. Bartholomew (1990) Mud, Muscle and Miracles, ISBN 0-945274-03-3
[4] Milwee, William I. (1995) Modern Marine Salvage, ISBN 0-87033-471-9, Chapters 1, 2, 3, 6 and 8.
[5] G. J. Wheeler, O.B.E. (1958) Ship Salvage, George Philip and Son Ltd, London
[6] Brady, Edward M. (1981) Marine Salvage Operations, ISBN 0-87033-051-9, Chapters 1, 4, 5, and 6.
[7] E. A. Stokoe (1991) Naval Architecture for Marine Engineers, ISBN 0-947637-85-0, Chapters 5 and 6.
[8] Vasconcellos J. M. (2007) Handbook for the Post Graduate Course (Latu Senso) in Offshore Floating Systems Engineering – ESFO – Applied Stability

[9] Steiberger, J.R., François A. S., Sidnei, E.P., (1990) Handbook of Stability, Ministry of Marine – Center de Instrução Almirante Graça Aranha (CIAGA)
[10] J. M. Alexander (1969) – An approximate analysis of the collapse of thin cylindrical shells under axial loading
[11] O. Astrup (Jan 27, 1994) - Cutting of thick plates by wedge. MIT – Industry Project on Tanker Safety.
[12] J. C. Card (1975) – Effectiveness of double bottoms in preventing oil outflow from tanker bottom damage incidents. Marine Technology 12 (1).
[13] T. Kuroiwa (1996) – Numerical simulation of actual collision and groundingaccidents. International Conference on Designs and Methodologies for Collisions and GroundingProtection of Ships (pp 7.1/7.12) SNAME
[14] J. Kee Paik and P. Terndrup Pedersen (1997) – Simple assessment of post-groundingloads and strength of ships. International Journal of Offshore and Polar Engineering – vol 7 no. 2 (ISSN 1053-1-5181)
[15] Ge Wang, Yongjun Chen, Hanqing Zhang and Yung Shin (2000) - Residual strength of damaged ship hull. Research Department of American Bureau of Shipping + Ship Structure Committee - USA
[16] J. Kee Paik, A. K. Thayamballi and S. H. Yang (1998) - Residual strength assessment of ships after collision and grounding. Marine Technology, vol 35, no. 1, pp 38-54
[17] Ge Wang, H. Ohtsubo and D. Liu (1997) – A simple method for predicting the groundingstrength of ships. Journal of Ship Research, vol 41, no. 3, pp 241-247
[18] Amdahl J. and Hellan O. (2004) – Intentional groundingof disabled ships – On board and shore based decisions support system. 3rd International Conference on Collision and Groundingof Ships, ICCGS2004, Japan October 25-26, 2004 (3ª Conference Interactional on grounded ships and collisions)
19] Daidola, J. C., (1995) Tanker structural behavior during collision and grounding. Marine Technology, vol 32, no. 1, pp 20-32
[20] Alsos, H. S. and Amdahl J. (2008) – Analysis of bottom damage caused by ship grounding. Proceedings of the ASME 27th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering – OMAE 2008 – June 15-20, 2008, Portugal.
[21] Alan Brow, Kirsi Tikka, John Daidola, Marie Lützen, and Ick-Hung Choe (2000) - Structural design and response in collision and grounding– SNAME Technical and Research Program Ad Hoc Panel #6
[22] Tikka, K. K. and Chen, Y. J. (2000) – Prediction of structural response in grounding– Application to structural design. Ship Structure Committee - USA / SSC/SNAME Ship Structural Symposium June, 2000.
[23] Hong, L. and Amdahl J. (2008) – Plastic behavior of web girders in ship collision and grounding. Proceedings of the ASME 27th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering – OMAE 2008 – June 15-20, 2008, Portugal.
[24] Simonsen, B.C, Lützen, M. and Törnqvist, R. (2004) - MCA Research Project 501: HSC Raking Damage Report no 1: Introductory and Summary Report Version 1, April 2004
[25] Brown, A. J., Simbulan, M., McQuillan, J., and Gutierrez, M. (2003) – Predicting motions, structural loads and damage in stranded ships (phase I). Ship Structure Committee – USA – November 2003
[26] Simonsen, B. C. (1997) – Mechanics of ship grounding. PhD Thesis, Department of Naval Architecture and Offshore Engineering, Technical University of Denmark, February 1997
[27] Simonsen, B. C. (1997) – Marine Structure 10 – Ship Groundingon Rock – II – Validation and Application (563 – 584)
[28] Simonsen, B. C. (1997) – Marine Structure 10 – Ship Groundingon Rock – I – Theory (519 – 562)
[29] International Association of Classification Societies – IACS (2008) – Common structural rules for bulk carriers. July 2008
[30] U.S. Navy Salvage Manual (2007) Volume 1 – Strandings and Harbor Clearance
[31] U.S. Navy Salvor's Handbook – January 2004
[32] The International Tanker Owners Pollution federation Limited – ITOPF – Handbook 2007/2008

Um estudo sobre a cabotagem industrial no Brasil

Marcelo de Mattos de Castro de Aragão [1]

e-mail: marceloaragao@fdvmail.com.br

Rui Carlos Botter[2]

e-mail: rcbotter@usp.br

Rodolfo Celestino dos Santos Silva[2]

Thiago Barros Brito[1]

Rodrigo Savoia[2]

[1] - Departamento de Transportes – Sistemas Logísticos EPUSP

[2] – Departamento de Engenharia Naval e Oceânica - EPUSP

Surgiu em 2003 no Brasil uma modalidade de transporte aquaviário destinada à movimentação de madeira na costa brasileira, cuja frota de embarcações trafega em dois portos, com carga em um sentido e vazio em outro, incluindo barcaças adicionais que permitem a operação com um pequeno tempo de parada nos portos, operando sem interrupções e movimentando expressiva demanda. Dado que a frota serve exclusivamente a uma empresa e a uma carga homogênea denominou-se esse sistema como cabotagem industrial.

No Brasil atualmente 3 empresas operam na cabotagem industrial: Aracruz Celulose, Veracel e Arcelor Mittal Tubarão, que serviram de base para delinear esta pesquisa, no que tange examinar as premissas básicas desde a elaboração um projeto até a implantação da cabotagem industrial.

A principal premissa deste sistema é basicamente a substituição de um transporte puramente rodoviário, por um sistema em que as pontas, embora rodoviária, são menos significativas e que não impacta ainda mais o tráfego de caminhões por rodovias estaduais e federais.

Nos casos estudados foram identificados ganhos advindos com a implementação da cabotagem industrial tais como: reduções do tráfego nas estradas, dos índices de acidentes, nos custos de transporte, nas emissões de gases poluentes, além da economia com combustível.

Adicionalmente, esse sistema apresenta um melhor histórico de sinistro e de integridade de carga, quando comparado ao transporte rodoviário.

Verificou-se que o correto dimensionamento da frota é um dos fatores chaves para o sucesso da cabotagem industrial que busca proporcionar um menor custo por tonelada movimentada, além de oferecer um menor impacto ambiental e maior garantia de abastecimento.

Deste modo, o objetivo deste trabalho é caracterizar um sistema de cabotagem industrial baseado nos levantamentos realizados junto às empresas que praticam a cabotagem industrial no Brasil.

1. INTRODUÇÃO

No século XXI, tem-se verificado no Brasil que muitas empresas estão buscando novas alternativas de escoamento de seus produtos dada a grande competitividade nacional e internacional. Basta analisar as pressões que a China impõe em relação aos preços dos seus produtos no mercado internacional, que, de certo modo, forçam as empresas a reduzirem seus ganhos ou melhorarem seus processos para se manterem competitivas no mercado mundial.

Apesar disto, existem diversos problemas no Brasil que impactam diretamente na competitividade das companhias. Dentre eles, pode-se destacar a falta de uma infra-estrutura logística adequada tanto para o recebimento quanto para o escoamento dos produtos.

Em face destes problemas, algumas empresas estão adotando uma nova modalidade de transporte, cujo objetivo consiste em possuir uma logística própria, que não dependa tanto dos investimentos do governo, e que possibilite ganhos econômicos, ambientais e sociais. Tal modalidade foi denominada neste estudo de cabotagem industrial.

A cabotagem industrial é conceituada no presente trabalho a partir da navegação de cabotagem, definida pela legislação Brasileira (lei 10.893/04) como: “viagens realizadas entre portos brasileiros, utilizando exclusivamente a via marítima ou a via marítima e as interiores” e da navegação industrial, caracterizada por Chrzanowski (1985), como sendo um “Transporte de cargas homogêneas em grandes rotas regulares com navios especiais, pertencentes ou fretados por grandes indústrias”

Assim, o termo cabotagem industrial é definido como um meio de transporte aquaviário destinado à movimentação de cargas homogêneas na costa brasileira, cuja frota de embarcações

serve exclusivamente a uma empresa e trafega entre dois portos ou mais, geralmente com carga em um sentido e vazio em outro, e movimentando expressiva demanda.

As características deste transporte são semelhantes às operações de comboios fluviais. Dessa forma, um sistema empurrador-barcaça opera em um circuito fechado, de modo que o empurrador tenha um tempo de porto reduzido, pois, pelo fato de se utilizar barcaças adicionais, o empurrador ao chegar no terminal apenas desacopla a barcaça que traz consigo e acopla a uma barcaça que é designada para o trecho de volta da viagem.

Uma das principais vantagens do sistema é o de ser competitivo em relação ao modal rodoviário, mesmo em rotas de curtas distâncias. Dessa forma, ainda que as "pontas" sejam rodoviárias, são menos significativas e causam um impacto menor no tráfego de caminhões por rodovias estaduais e federais.

2. OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho é propor um novo conceito de transporte de carga, a cabotagem industrial com base na literatura e na experiência identificada junto às empresas que praticam a cabotagem industrial no Brasil.

Como objetivo secundário, pretende-se responder, para uma melhor compreensão da cabotagem industrial, os seguintes questionamentos:

- Como se caracteriza a cabotagem industrial no Brasil e no mundo?
- Quais fatores influenciam as empresas a utilizarem esta modalidade de transporte?
- Quais os fatores críticos para sua implementação e operação?

3. A CABOTAGEM INDUSTRIAL NO CENÁRIO NACIONAL E INTERNACIONAL

A cabotagem industrial foi implementada no Brasil em 2003, destinada à movimentação de madeira na costa do país. Há atualmente três empresas que operam na cabotagem industrial brasileira: Aracruz Celulose S.A, a qual se utiliza deste meio para o transporte de madeira em toras; Veracel Celulose, praticante deste tipo de transporte para fardos e bobinas de celulose; e,

finalmente, a Arcelor Mittal Tubarão, que usufrui da cabotagem industrial para transportar bobinas de aço.

É importante observar que esse sistema de transporte atua em segmentos diferentes da cadeia de suprimento dessas empresas. Por exemplo, na Aracruz Celulose, são transportadas matérias-primas que servirão de insumos para a fabricação de celulose, enquanto nas demais empresas (Veracel e Arcelor Mittal), são transportados os produtos finais, que serão entregues aos clientes.

Essa peculiaridade pode impor formas de operação diferenciadas para cada companhia. No caso da Aracruz Celulose, a falta de um abastecimento poderia acarretar numa parada da fábrica. Já para as demais empresas (Arcelor Mittal e Veracel), a ocorrência de um atraso na entrega do produto final ao cliente, poderia ser ou não considerado um fator crítico já que tal premissa dependeria da negociação dos contratos com os clientes.

3.1.1. CABOTAGEM INDUSTRIAL NO TRANSPORTE DE MADEIRA EM TORAS

A cabotagem industrial é utilizada no transporte de toras de madeira no Brasil pela Aracruz Celulose S/A, líder mundial no mercado de celulose branqueada de eucalipto, empregada na fabricação de diversos tipos de papéis. Este sistema de transporte foi implementado de forma inédita no país pela empresa em 2003, e é o responsável pelo transporte de toras de eucalipto do centro produtor em Ponta da Areia em Caravelas (BA), até o centro consumidor em Barra do Riacho (ES), numa rota marítima de aproximadamente 275 km, percorridos em cerca de 12 horas de viagem pelo conjunto empurrador - barcaça, conforme ilustra a Figura 1.

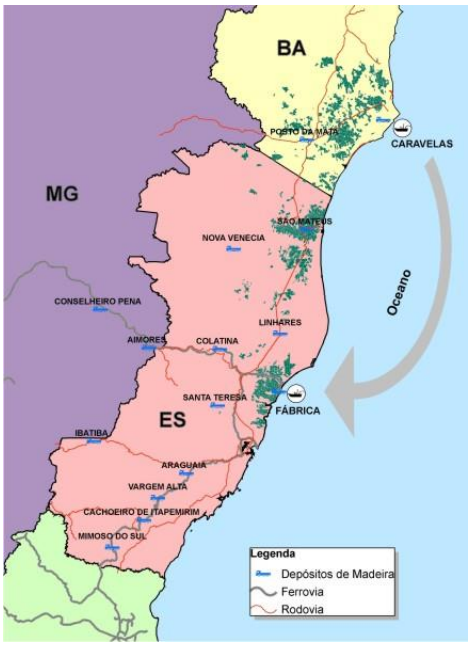


Figura 1: Transporte de Toras de Madeira.
Fonte: Aracruz Celulose (2008)

Em 2007, a cabotagem industrial foi responsável por mais de 1,6 milhões de toneladas transportadas, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Total Movimentando Anualmente no Transporte de Cabotagem Industrial

Ano	Total Movimentado (t)
2003	641,691.00
2004	1,028,904.00
2005	1,372,603.00
2006	1,962,817.00
2007	1,621,363.00

Fonte: Aracruz Celulose (2008)

O transporte adotado pela empresa utiliza o sistema denominado Integrated Tug and Barge, e, traduzido pelo operador logístico como navio-barcaça. Nesse sistema, o empurrador é acoplado de forma mecânica a uma barcaça, cujo comportamento é similar ao de uma embarcação convencional autopropelida, como demonstra a Figura 2.

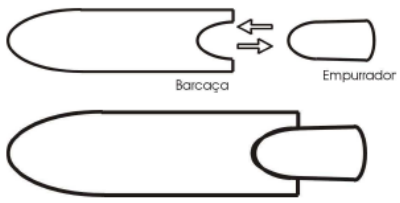


Figura 2: Sistema *Integrated Tug and Barge*.
Fonte: (Cruz; Amorim, 2006)

A operação do conjunto é de responsabilidade da Companhia de Navegação Norsul, que utiliza quatro embarcações de tipo navios-barcaça, com capacidade unitária de transporte de 5 mil toneladas de madeira, com 114 m de comprimento, 23 m de largura e 4 m de calado; e, dois empurradores de 33 m de comprimento, movimentando-se a uma velocidade de 22,5 km/h, (Figura 3 e Figura 4).

Do ponto de vista econômico, a vantagem da operação está no melhor aproveitamento do empurrador, já que este passa a maior parte do tempo em operação de transporte, seja "empurrando" as barcaças carregadas para Barra do Riacho, ou, então, "empurrando" barcaças vazias para Caravelas.



Figura 3: Transporte de Toras de Madeira

Fonte: Aracruz Celulose (2008)



Figura 4: Barcaça e Empurrador
Fonte: Aracruz Celulose (2008)

O investimento total foi da ordem de US$ 51 milhões, que contempla a construção dos terminais marítimos, os equipamentos de carga e descarga, as barcaças e os empurradores (ANDRADE, 2003). Desse total, cerca de US$ 32 milhões foram investidos pela Norsul oriundos de recursos próprios ou financiados pelo Fundo de Marinha Mercante, para a construção das embarcações

(empurrador e barcaça), enquanto os 19 milhões restantes foram investidos pela Aracruz Celulose na construção dos terminais marítimos e na aquisição dos equipamentos de carga e descarga.
As principais vantagens para a empresa estão na redução do número de viagens rodoviárias e, conseqüentemente, as reduções no consumo de combustível, permitindo à Aracruz, ganhos na venda do crédito de carbono. Somado a isto, o sistema traz ganhos para a sociedade ao se reduzir o volume de tráfego na BR-101 e o número de acidentes na estrada.

3.1.2. CABOTAGEM INDUSTRIAL NO TRANSPORTE DE CELULOSE

O transporte de fardos e bobinas de celulose por meio da cabotagem industrial é realizado pela Veracel Celulose, empresa localizada no Sul do Estado da Bahia, e que implementou em 2005 este tipo de transporte. O escoamento da produção é feito com a utilização do Terminal Marítimo de Belmonte, na Bahia. Do terminal (Figura 5), o produto é embarcado para Portocel, no Espírito Santo, de onde é exportado. A distância percorrida é de aproximadamente 550 km.
O sistema de transporte marítimo é semelhante ao implantado na Aracruz Celulose, em que se utiliza o conceito de navios-barcaça. A operação é de responsabilidade da Companhia de Navegação Norsul, que opera com três barcaças de capacidade individual de 7 mil toneladas de celulose e um empurrador (mostrado na Figura 6). O sistema é capaz de transportar até 1,15 milhões de toneladas de celulose por ano, sendo que em 2006, a empresa atingiu cerca de 975 mil toneladas transportadas.



Figura 5: Terminal Marítimo de Belmonte.
Fonte: Veracel (2008)



Figura 6: Barcaça e empurrador da Norsul.
Fonte: Veracel (2008)

Os investimentos na construção das embarcações e do empurrador, realizados pela empresa Norsul, totalizaram aproximadamente US$ 28 milhões (Companhia de Navegação Norsul, 2008). Enquanto isso, os investimentos para a adequação do terminal Marítimo de Belmonte, na Bahia, sobre responsabilidade da Veracel,foram da ordem de US$ 8,5 milhões (PORTAL CELULOSE ONLINE, 2008).

Os benefícios desse sistema são semelhantes aos obtidos pela Aracruz: menor impacto ambiental e redução no custo de transporte.

3.1.3. CABOTAGEM INDUSTRIAL NO TRANSPORTE DE BOBINAS DE AÇO

Em 2006, o sistema de cabotagem industrial foi implantado pela primeira vez no setor siderúrgico brasileiro pela empresa Arcelor Mittal Tubarão, antiga Companhia Siderúrgica de Tubarão, localizada em Vitória-ES. Este meio de transporte exigiu a construção de um terminal privado (Terminal de Barcaças Oceânicas), localizado no Espírito Santo, cujo investimento realizado pela Arcelor Mittal Tubarão demandou aproximadamente US$ 11 milhões (ARCELOR TUBARÃO, 2008).

O sistema transporta bobinas de aço do terminal de Barcaças Oceânicas para o porto de São Francisco do Sul (SC). Deste porto, a carga é encaminhada para Arcelor Mittal Vega, (Figura 7**Error! Reference source not found.**). A operação das embarcações está também sob responsabilidade da Norsul.

Uma das peculiaridades do sistema é a maior distancia entre os terminais, se comparada ao transporte da Aracruz e Veracel, sendo de aproximadamente 1134 km.

Os investimentos na construção das embarcações, realizados pela norsul foram de cerca de US$ 55 milhões (Companhia De Navegação Norsul, 2008), e o sistema conta com quatro barcaças de capacidade individual de 10 mil toneladas e 2 empurradores (Figura 8).



Figura 7: Rota Cabotagem Industrial – Arcelor Tubarão

Fonte: Arcelor Tubarão (2008)



Figura 8: Operação Barcaça Arcelor
Fonte: Arcelor Tubarão (2008)

A estimativa é de que sejam embarcadas cerca de 1,1 milhões de toneladas de bobinas por ano.

Além dos ganhos econômicos para a Arcelor Mittal Tubarão e Vega (redução dos custos de frete, em particular), o sistema traz contribuição à melhoria da qualidade ambiental e social, por representar economia de combustível, redução das emissões veiculares de gases, além de contribuir para a redução do tráfego (ARCELOR TUBARÃO, 2008).

4. DIAGNÓSTICO ATUAL DA NAVEGAÇÃO DE CABOTAGEM INDUSTRIAL NO BRASIL

Para a melhor compreensão do cenário brasileiro de cabotagem industrial, foi elaborado e enviado um questionário para as três empresas atuantes nesse segmento, Aracruz Celulose S/A, Arcellor Mital Tubarão e Veracel É importante ressaltar que embora o universo da pesquisa seja pequeno (3 empresas), os dados são muito representativos, pois correspondem a 100 % das companhias que praticam a cabotagem industrial no Brasil.

A seguir, são apresentadas as questões e listadas os resultados das consideradas chaves para a caracterização do sistema.

1. Qual o tipo de carga transportada?
2. Qual a participação da cabotagem na matriz de transporte nos anos de operação?
3. Qual o perfil/composição da frota? (tamanho, idade e especialização)?
4. Quais os modais de transporte que a empresa utiliza integrado à cabotagem industrial?
5. Uma vez implementada a cabotagem industrial, qual foi o tempo de adaptação operacional (curva de aprendizagem)?
6. A empresa pretende realizar novos investimentos no transporte de cabotagem industrial? Por quê?
7. Conhece alguma empresa que pratica a cabotagem industrial fora do país? Qual?
8. Quais seriam, em sua opinião, os fatores críticos na operação de cabotagem industrial?por quê?
9. Quais foram os entraves para a implementação da cabotagem industrial?
10. Quais são os fatores que inibem a expansão da cabotagem industrial?
11. Na sua opinião, o que deveria ser modificado na legislação para alavancar o setor da cabotagem industrial?
12. Qual seria a classificação do tipo de terminal (de origem e destino)
13. Se o tipo de terminal é público, qual nota você atribui para o desempenho da mão-de-obra fornecida pelo ogmo (orgão gestor de mão de obra) (de 0 a 10)? (sendo 0, muito ruim e 10 excelente). Justifique.
14. Se o terminal é público, o setor público tem realizado os investimentos de infra-estrutura adequados para o desenvolvimento da cabotagem industrial?

15. Se sim, em quais áreas? Com quais objetivos?
16. Se não, quais as áreas que necessitam de investimentos. Por quê?
17. Em relação ao cumprimento do prazo de entrega, pode-se dizer que a cabotagem industrial atende a este requisito?
18. Quais os principais fatores que influenciam no não cumprimento do prazo de entrega?
19. Como se apresentam os quesitos integridade da carga e histórico de sinistros na cabotagem industrial quando comparada ao modal rodoviário?
20. Em uma rota típica de cabotagem industrial, quais são os seus principais itens de custo (%)?

As principais questões foram respondidas da seguinte forma:

a) Qual a participação da cabotagem na matriz de transporte nos anos de operação?

Dentre as empresas que utilizam a cabotagem industrial no Brasil, as participações deste modal na matriz de transportes apresentam perspectivas de crescimento.

As empresas B e C transportaram em 2007, 23% e 25% (Figura 10 e Figura 11) do total da carga movimentada pela empresa por cabotagem industrial.

A empresa A, por sua vez, transportou 93% (Figura 12) do total transportado do produto final por cabotagem industrial. É importante ressaltar que esse valor da empresa A corresponde apenas ao transporte do produto final e não à matriz de transporte global da empresa, como responderam as empresas B e C.

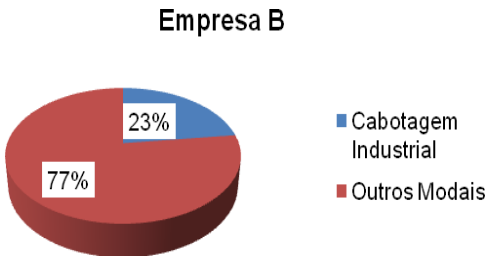


Figura 9: Cabotagem industrial na Matriz de Transportes – Empresa B

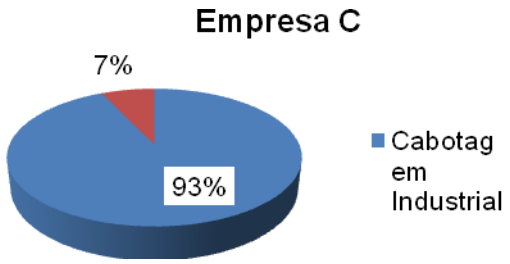


Figura 9: Cabotagem industrial na Matriz de Transportes – Empresa C

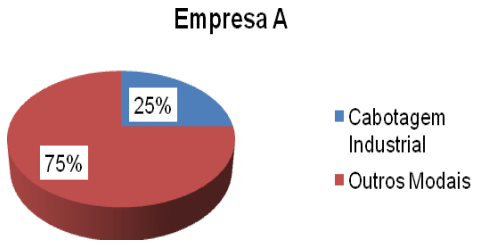


Figura 10: Cabotagem industrial na Matriz de Transportes – Empresa A

b) Qual o perfil/composição da frota? (tamanho, idade e especialização)?

Foi identificado que as empresas apresentam diferentes configurações no que tange ao número de empurradores e barcaças.

Uma das empresas possui 2 empurradores e 3 barcaças, outra possui 2 empurradores e 4 barcaças, e a última 3 barcaças e apenas 1 empurrador

As barcaças, apesar de transportarem produtos diferentes, possuem características similares e suas dimensões principais (comprimento, boca, calado) são bem próximas. Todas são de frota nova e possuem a capacidade de transporte de até 10.000 t.

c) Uma vez implementada a cabotagem industrial, qual foi o tempo de adaptação operacional (curva de aprendizagem)?

As empresas A, B e C relataram que o tempo de aprendizado foi superior a 1 ano e meio, 1 ano e 3 meses respectivamente, sendo este tempo necessário para adaptação ao transporte em função da carga transportada, operadores logísticos marítimos e terrestres e condições ambientais e operacionais, tais como assoreamento e abastecimento da embarcação.

d) Quais seriam os fatores críticos na operação de cabotagem industrial?por quê?

As empresas A, B e C identificaram como fatores críticos da cabotagem industrial os seguintes itens:

- Autorizações e Licenciamentos: existem vários licenciamentos e autorizações a serem conseguidos com diversas entidades, por exemplo: Marinha do Brasil, IBAMA, ANTAQ, além ONG's que exigem monitoramentos como de: corais, tartarugas, baleias, camarão, entre outros. Especificamente, podem ser destacadas as licenças das dragagens de projeto e manutenção;
- Qualidade e custo da estiva;
- Falta de um procedimento adequado para este tipo de transporte por órgãos do governo (Receita Federal, Fundo de Marinha Mercante, e outros);
- Infra-estrutura dos portos;
- Recursos e infra-estrutura técnica da Tecnologia de Informação;
- Mudança de paradigmas (as empresas são avessas a mudanças);
- Fluxo de Carga, as empresas devem possuir um fluxo constante de carga;
- Gestão do transporte marítimo;
- Dimensionamento da frota das embarcações

e) Quais foram os entraves para a implementação da cabotagem industrial?

- Os principais entraves para o desenvolvimento da cabotagem industrial, na opinião das empresas A, B e C são:
- Licenciamento ambiental dos terminais e dragagem dos canais de acesso;
- Infra-estrutura portuária adequada e dedicada;
- Monitoramentos e relacionamento com a comunidade;
- Falta de mão-de-obra especializada.

f) O que deveria ser modificado na legislação para alavancar o setor da cabotagem industrial?

- As empresas A, B e C identificaram os seguintes itens que deveriam ser modificados na legislação brasileira:
- Criação de uma política específica para o setor de cabotagem industrial;

- Incentivos do governo para a abertura de terminais privados;
- Redução dos impostos no combustível para utilização na cabotagem;
- Incentivo do governo para importação de navios e/ou barcaças, uma vez que os estaleiros nacionais não suprem a necessidade;
- Incentivo do governo para os Portos Organizados em receber carga de cabotagem.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A pesquisa abordou uma nova modalidade de transporte aquaviário, que vem sendo utilizado e ganhando adeptos no Brasil e no mundo, devido aos ganhos econômicos, ambientais e/ou sociais que esta pode apresentar. Tal modalidade foi denominada por cabotagem industrial.

A partir de questionários aplicados às empresas que a praticam no mercado nacional e da revisão bibliográfica efetuada, concluiu-se que este é um setor ainda pouco explorado e com grande potencial. Além disso, observou-se falta de incentivos a esta modalidade, como por exemplo:

- Inexistência de uma legislação específica;
- Assim como na cabotagem convencional, há uma tributação adicional ao combustível utilizado quando comparado ao de longo curso;
- Muitos entraves ambientais à sua implantação e operação;
- Carência por uma infra-estrutura adequada, entre outros.

Sendo assim, o trabalho conceitualizou o sistema de cabotagem industrial e identificou os principais fatores condicionantes para o projeto de um sistema de cabotagem industrial. Concluiu-se que devido às características do sistema, como: a aleatoriedade dos tempos de processos e por operar em um ciclo fechado, o mais problemático para cabotagem industrial é o dimensionamento da sua operação e do número das embarcações para atender à demanda projetada.

Portanto, pode-se concluir que o trabalho como um todo foi capaz de atender aos objetivos indicados de caracterizar a cabotagem industrial e prover diretrizes para esta modalidade de transporte

Espera-se que o presente trabalho obtenha aplicações práticas, seja no âmbito das diretrizes sugeridas, como também no auxílio a implementação de um sistema de cabotagem industrial.

REFERÊNCIAS

CHRZANOWSKI, Ignacy. An Introduction to Shipping Economics. Reino Unido: Fairplay Publications, 1985.

ARACRUZ CELULOSE. Disponível em: < www.aracruz.com.br>. Acesso em: 23 jan. 2008.

ARCELOR TUBARÃO. Disponível em: < www.arcelormittal.com/br>. Acesso em: 30 jan. 2008.

AMORIM, R.P.L. ESTUDO DO TRANSPORTE DE PRODUTOS SIDERÚRGICOS, EM VIAGENS CÍCLICAS DE COMBOIOS OCEÂNICOS, DENTRO DE UMA VISÃO LOGÍSTICA

ANDRADE, Aurélio L.,SELEME, Acyr, RODRIGUES, Luís H., SOUTO, Rodrigo. Pensamento Sistêmico: Caderno de Campo. Porto Alegre: Bookman, 2006

VERACEL. Disponível em: < www.veracel.com.br>. Acesso em: 30 jan. 2008

PORTAL CELULOSE ONLINE. Disponível em: < www.celuloseonline.com.br>. Acesso em: 30 jan. 2008.

Uma abordagem sobre água de lastro

Newton Narciso Pereira, Hernani Luiz Brinati, Rui Carlos Botter[1]

e-mail: newton.pereira@usp.br

1 – Departamento de Engenharia Naval e Oceânica - EPUSP

1- INTRODUÇÃO

A expansão das fronteiras do comércio internacional criou a necessidade de desenvolver o transporte marítimo. Navios são empregados para o transporte dos mais variados tipos de cargas, respondendo por aproximadamente 80% do transporte mundial de cargas. Muitos destes navios são utilizados em viagens oceânica em diversas rotas, sendo que algumas condições navegam em um sentido completa ou parcialmente carregados e na viagem de retorno nem sempre dispõem de cargas de retorno. Nestas condições o navio deve respeitar alguns requisitos operacionais que contemplam as seguintes questões: calado, estabilidade, tensões estruturais, condições de manobras (imersão do hélice e do leme) e segurança da embarcação. Para garantir que o navio atenda estes critérios um dos procedimentos utilizados é lastrear o navio.

O lastro tem por objetivo aumentar ou diminuir o calado do navio durante a navegação para garantir sua segurança. os tanques são preenchidos com água para aumentar ou diminuir o calado dos navios durante as operações portuárias. O lastro é importante para facilitar a manobrabilidade e estabilidade dos navios durante a navegação quando estão descarregados. Além disso, o lastro é necessário para garantir o balanço do esforço estrutural no casco quando a carga é removida, controlar o trim e submergir o casco suficientemente para que o leme e o hélice operem eficientemente. Em geral, um navio pode receber ou descarregar a água do lastro em diversos portos internacionais em uma só viagem. Por exemplo, um navio pode partir da China com água nos tanques atracar no Japão e captar mais água de lastro neste local e atracar novamente no porto de Santos e despejar a água dos porões do navio em águas brasileiras.

Assim, os tanques podem conter uma mistura de águas de diferentes locais no lastro. Empresas marítimas internacionais estimam que aproximadamente 65.000 navios transoceânicos estejam operando atualmente, isto significa dizer que transportam aproximadamente 5 bilhões de m^3 de

água de lastro por ano e que 3.000 espécies podem ser transportadas num dia na água de lastro de navios (LEAL NETO, 2007).

Em função da problemática que a água de lastro tem trazido para os países, pretende-se com este estudo apresentar o estado-da-arte no que se refere às iniciativas legais tomadas em âmbito nacional e internacional para combater o problema, bem como, os impactos causados e as alternativas de tratamento de água de lastro que estão sendo propostas. Cabe frisar que o presente trabalho faz parte do levantamento bibliográfico que o autor está desenvolvendo para compor uma tese de doutorado no assunto em questão, em que pretende-se avaliar a possibilidade de tratar a água de lastro nos portos através de estações em terra e sistemas móveis de coleta de água de lastro "barcaças e/ou navios).

2- AÇÕES INTERNACIONAIS

Ações para controlar as espécies invasoras estão sendo desenvolvidas por nações individualmente sob os auspícios da Organização Marítima Internacional. A IMO tem dado importância para as implicações das introduções de espécies exóticas e organismos aquáticos oriundos de água de lastro há três décadas. Em 1973, durante a conferência internacional de poluição marítima foi aprovada a Resolução 18 de *Pesquisa dos Efeitos da Descarga de Água de Lastro contendo Bactérias Epidêmicas* que passou para a IMO, a responsabilidade de elaborar medidas de controle, chamando a atenção mundial para o transporte de espécies patogênicas em torno do mundo nos tanques de lastros dos navios. O primeiro esforço mundial efetivo de controlar a dispersão de espécies alienígenas ocorreu em 1982, com a Convenção das Nações Unidas que resultou na Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar UNCLOS. Em 1990, o Comitê de Proteção Ambiente Marinho (MEPC) formou um grupo de trabalho para considerar pesquisas, informações e soluções propostas por Estados Membros da IMO e por Organizações Não Governamentais. Em 2000, a IMO lançou o programa Globallast com objetivo de avaliar a qualidade da água de lastro de 6 portos distribuídos no mundo, sendo Sepetiba - Brasil, Dalian – China, Bombaim – Índia, Ilha Kharg – Irã, Saldanha - África do Sul e Odessa – Ucrânia. Finalmente, em 2004, em Londres, foi lançada após 14 anos de complexas negociações entre a IMO, países membros, armadores e ONG's dando origem a *Convenção Internacional para Controle e Gerenciamento de Água de Lastro de Navios e Sedimentos* – CALS, que estabelece

principalmente, que os navios devem realizar a troca da água de lastro, a pelo menos, 200 milhas da costa e 200 m de profundidade (PEREIRA e BRINATI, 2008).

2.1 – Estados Unidos

Após a descoberta do mexilhão zebra nos Estados Unidos, em 1986, o país intensificou seus esforços para combater as espécies invasoras. Em 1990, foi adotado o *The Nonindigenous Aquatic Nuisance Prevention and Control Act* (NANPCA), com um conjunto de diretrizes voluntárias para o gerenciamento da água de lastro nos navios que entrassem nos Grandes Lagos vindo das U.S. EEZ (*Exclusive Economic Zone*). Estes requisitos tornaram-se obrigatórios em 1993; foi estabelecido que navios que não obedecessem aos requisitos impostos pela Guarda Costeira Americana pagariam multas que variavam de US$ 250.000,00 (individual) até US$ 500.000,00 por dia, podendo ainda cumprir 12 anos de prisão (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA, 2008).

2.2 – Nova Zelândia

Atualmente, a legislação vigente no país é a *Import Healt Stander for Ships Ballast Water from All Countries – IHSSBWAC* de 1998. Ela estabelece todos os procedimentos operacionais e legais que os navios estão sujeitos para adentrar nas águas da Nova Zelândia. Antes de um navio chegar ao porto, deve-se enviar ao *Ministério da Agricultura e Serviço de Quarentena de Silvicultura* uma solicitação de entrada junto com um formulário sobre as condições de lastro. Todos os navios que desejarem despejar lastro no país devem preencher e enviar o formulário "*Ballast Water Report Form*" completo, indicando o conteúdo dos tanques de lastros antes da descarga ocorrer. O custo da inspeção do navio, das análises e da espera dos resultados é de responsabilidade do armador. Este padrão é aplicado somente para águas que serão descartadas na Nova Zelândia. Penalidades são aplicadas para navios que forneçam informações incorretas: 12 meses de prisão e ou 50,000NZ$ para o comandante ou 100,000NZ$ para a companhia de navegação.

2.3 - Brasil

A primeira regulamentação nacional especifica para lidar com a questão da água de lastro, denominada como NORMAM 20, entrou vigor em 15 de outubro de 2005. A regulação

estabelece que todos os navios devem realizar a troca oceânica antes de entrar em um porto brasileiro, seguindo os mesmos parâmetros estabelecidos pela CALS.

A NORMAM 20 foi criada para tentar coibir problemas de gerenciamento da água de lastro, conforme exposto por Leal Neto (2007). O estudo do autor apresentou os principais problemas encontrados num levantamento realizado nos formulários entregue à Marinha do Brasil no período de 2001 a 2002 (maio) sendo: "*grande parte dos formulários foi preenchida incompleta e ou incorretamente; diferentes tipos de formulários, diferentes unidades utilizadas (algumas vezes falta de informação da unidade); falta de dados (data de chegada, nome e posto do oficial responsável); diferentes combinações de tanques na "coleta" e na "descarga" da água de lastro, cópias ilegíveis, escrita incompreensível, dados incoerentes entre as diferentes seções do formulário (número de tanques e/ ou tanques e/ou volumes) e confusão no campo "sea height (m)" entre a profundidade onde ocorreu a troca da água de lastro e altura da onda*".

Caron (2007) mostrou inconsistências durante a análise de 808 formulários de água de lastro entregues às autoridades marítimas do Porto de Itajaí. Dos formulários analisados apenas 39 continham dados sobre deslatro, em que 11 não declaram ter feito à troca oceânica; 9 não possuíam a origem de lastro (coordenadas) e 1 não possuía nenhuma coordenada de origem e troca. Do total de formulários 270 (33,42%) apresentavam declaração de que haviam realizado a troca oceânica. Utilizou-se como procedimento de validação do local da troca uma analise das coordenadas geográficas contidas no relatório e conclui-se que do total de 270 declarações de troca 45% das coordenadas indicavam locais junto à costa, próximo de ilhas, dentro de baias e enseadas, sendo que um dos casos o navio estava aproximadamente 450 km terra adentro.

Outro estudo realizado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa (2003) apresenta os resultados de 99 amostragens de água de lastro de navios em 9 portos brasileiros, em que *"foi verificado que 62% das embarcações cujos comandantes declararam ter efetuado a substituição da água de lastro em área oceânica, conforme orientação da IMO, provavelmente não o fizeram ou fizeram de forma parcial, por possuírem água de lastro com salinidade inferior a 35ppm"*.

Em função deste problemas apresentados é que medidas de controle devem ser implementadas para reduzir o impacto da água de lastro no meio ambiente no Brasil.

3- IMPACTOS DA ÁGUA DE LASTRO

Espécies introduzidas em locais diferentes de sua origem são conhecidas como espécies invasoras, alienígenas, exóticas, estrangeiras, não-nativas e não-indígenas (MEDEIROS, 2004). Deste modo, uma espécie invasora pode ser definida como aquela que foi transferida de um local para outro e conseguiu se estabelecer em um novo habitat. Existem diversos mecanismos para a transferência de espécies, tais como navios, aviões, veículos, animais, ação da natureza, entre outros. Muitas espécies são diariamente importadas e exportadas de um local para outro, sendo que em alguns casos ocorre o estabelecimento destas espécies.

É claro que para uma espécie se estabelecer em um novo local ela deve encontrar condições similares ao seu local de origem. Muitas vezes a transferência de uma espécie não-nativa pode gerar uma série de problemas para o ecossistema local. Assim, pode-se transferir um predador voraz que poderá dizimar uma espécie nativa e se estabelecer, sem que haja um predador natural.

O caso brasileiro mais notável é o mexilhão dourado "*L. fortunei*". Esta é uma espécie nativa de rios e arroios chineses e do sudeste asiático e, apenas recentemente, por razões desconhecidas, vem expandindo sua distribuição em todo o mundo.

Do estuário da Bacia do Prata, ele se expandiu rapidamente para os trechos superiores da Bacia do rio Paraná, invadindo principalmente os grandes rios, numa velocidade de cerca de 240 km/ano. Em 2001, sua presença foi reportada na Usina de Itaipu e, em 2002, foi encontrado nas usinas hidrelétricas (Porto Primavera e Sérgio Motta) à jusante do Rio Paraná, em São Paulo. A entrada da espécie neste sistema de rios deve ter ocorrido através da intensa navegação e transposição de barcos utilizados na pesca esportiva. O impacto do mexilhão dourado no Brasil tem sido grande e tem causado problemas de saúde pública, entupimento de tubulações, filtros de usinas hidroelétricas e bombas de aspirações de água, degradação das espécies nativas e problemas relacionados com a pesca.

Resende (2007) analisou o efeito da fixação do mexilhão dourado nas paredes e nas grades de tomadas d'água em usinas hidrelétricas. Verificou-se que estes elementos aderidos provocam uma perda de carga do sistema diminuindo o rendimento da usina aumentando a força do fluxo de água sobre a grade, podendo no limite ocasionar um rompimento do sistema. As conseqüências deste problema e os custos que ele tem gerado para o sistema brasileiro são:

- Redução na eficiência das bombas e conseqüentemente aumento no consumo de energia para conseguir um funcionamento normal dos sistemas;
- Aumento na corrosão de encanamentos pela proliferação de outros agentes biológicos indesejáveis (bactérias, fungos etc.);
- Paralisação do sistema para limpeza ou substituição de tubulações, válvulas, filtros etc.

Por outro lado, as empresas de aqüicultura têm sido afetadas pelas algas tóxicas que são lançadas, juntamente com a água de lastros, em áreas próximas ao cultivo. Os cistos de dinoflagelados, encontrando condições favoráveis, germinam e se reproduzem de forma intensa e formam manchas coloridas, denominadas marés vermelhas. As toxinas produzidas contaminam os organismos cultivados, que além de muitos morrerem, tornam-se impróprios para o consumo humano, por certo período, o que causa grande prejuízo ao aqüicultor. Seeliger e Costa (2003) afirmam que água de lastro e a incrustação nos cascos de mais de 3500 embarcações que circulam a bacia Patos-Mirim são responsáveis pela proliferação de algas que podem contribuir para o aparecimento de marés vermelhas.

Alguns copépodes (grupo de crustáceos) marinhos foram observados no zooplâncton nos Estados do Paraná, de São Paulo, do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. Na Cidade de Arraial do Cabo, no Estado do Rio de Janeiro, um coral mole tem chamado a atenção de cientistas e mergulhadores. Na Cidade de Angra dos Reis, também no Estado do Rio de Janeiro, alguns corais exóticos também já foram observados. Até hoje, ainda não se percebeu nenhum dano ambiental ou econômico causado por essas espécies. Entretanto, outras espécies introduzidas, tanto em água doce como no mar, têm causado prejuízos econômicos, ecológicos e sanitários. A seguir, serão relatados alguns casos de introdução de espécies aquáticas nocivas introduzidas e seus respectivos impactos (SILVA e SOUZA, 2004):

- O siri bidu é uma espécie marinha de crustáceo de origem indo-pacífica, sem valor comercial, que prejudicou a pesca do siri nativo na Bahia. Hoje, o siri bidu já foi observado nas Baías de Guanabara e Sepetiba e no Estado de São Paulo;
- O Isognomon bicolor é uma espécie marinha de molusco bivalve de origem indo-pacífica que se parece com uma ostra e se prende às rochas através de filamentos, como os mexilhões. Habita as regiões entremarés dos costões da Bahia à Santa Catarina. Em

Arraial do Cabo, este bivalve ocorre em densos bancos, nos quais as espécies nativas agora são raras;

- Algumas espécies de algas tóxicas, nativas de outras regiões do mundo, foram observadas em várias regiões do Brasil. As marés vermelham causam irritação na pele humana e matam algumas espécies de animais marinhos. Podem causar grandes prejuízos em regiões de cultivo de ostras e mexilhões. Esses bivalves são filtradores e se alimentam de microalgas. As algas tóxicas são ingeridas e tornam os mariscos impróprios para o consumo. Os efeitos associados às marés vermelhas são formigamento e entorpecimento dos lábios, boca e dedos, além de dificuldade de respiração, paralisia e até a morte.

Deste modo, verifica-se que no Brasil existem inúmeros casos de bioinvasão e medidas de controle necessitam ser tomadas para evitar que outras espécies se estabeleçam, tanto aquelas contidas na água de lastro, bem como as que sobrevivem no sedimento.

4- ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO DA ÁGUA DE LASTRO

O tratamento da água de lastro para livrá-la de uma potencial espécie invasora constitui um grande desafio que precisa ainda ser equacionado. Muitas espécies contidas nos tanques de lastro podem ser potencialmente invasoras; conseqüentemente um único tratamento preventivo pode não ser eficaz. Por isso, em muitos casos, está sendo sugerido o uso de dois ou mais métodos em conjunto para tentar aniquilar o maior número de organismos de uma só vez. A dificuldade de conjugar a eliminação das espécies com um tratamento 100% efetivo recomendado pela IMO tem aberto uma grande fronteira para pesquisas e desenvolvimento tecnológicos. Contudo, recomenda-se aos armadores e comandantes das embarcações utilizar os procedimentos a bordo dos navios para remediar o problema. Para isso, é necessário conseguir o comprometimento da tripulação para execução de tais procedimentos é outro desafio que precisa ser encarado.

4.1 – Procedimentos a bordo do navio

A IMO por meio da Convenção Internacional para Controle e Gerenciamento de Água de Lastro de Navios e Sedimentos instituiu alguns procedimentos operacionais que os comandantes devem praticar durante a viagem, enquanto não surge uma técnica eficaz para resolver o problema da bioinvasão. Basicamente, as normas exigem que seja feita a troca oceânica da água de lastro.

A troca oceânica consiste no procedimento de trocar toda a água contida nos tanques de lastro dos navios de seu local de origem, a no mínimo, 200 milhas de distância da costa onde se localizam os portos em que os navios irão deslastrar. O princípio preventivo deste procedimento se fundamenta no fato que as espécies oceânicas não sobrevivem em ambientes de regiões costeiras e vice-versa. Basicamente, considera-se que organismos oriundos de portos tropicais não devem sobreviver e nem se reproduzir em águas geladas, temperadas e polares. Contudo, isso não é regra e ocorre que algumas espécies de invertebrados e algas são encontradas em regiões subpolares e até tropicais.

A troca oceânica pode ser realizada de 3 formas distintas sendo, pelo fluxo contínuo, transbordamento e diluição. o método seqüencial é definido quando os tanques de lastro são esgotados e cheios novamente com água oceânica. No método do fluxo contínuo os tanques de lastro são simultaneamente cheios e esgotados, através do bombeamento de água oceânica. O método do transbordamento a água é transbordada através do convés do navio. O método de diluição é definido pelo carregamento de água de lastro através do topo e, simultaneamente, a descarga dessa água pelo fundo do tanque, à mesma vazão, de tal forma que o nível de água no tanque de lastro seja controlado para ser mantido constante. Os dois métodos anteriores ficam condicionados a troca de um volume total de 3 vezes a capacidade do tanque para conferir uma melhor eficiência ao método.

4.2 – Alternativas tecnológicas de tratamento a bordo

Estão sendo desenvolvidas muitas tecnologias para tratamento da água de lastro a bordo dos navios, algumas ainda se encontram em fase de validação e outras ainda na fase conceitual. As principais tecnologias existentes atualmente são: filtração, hidrociclone, aquecimento, choque elétrico, irradiação por raios ultravioleta, aplicação de biocidas e desoxigenação. Cada alternativa de tratamento apresenta vantagens e desvantagens em relação a custo, manutenção, eficácia e impacto ambiental com o produto final gerado, mas pode-se afirmar que nenhuma delas apresenta uma solução definitiva para o problema da bioinvasão (PEREIRA e BRINATI, 2008).

Um dos principais fatores que onera a instalação destes sistemas a bordo do navio é o custo de aquisição e, bem como os, de manutenção e operação. Outro aspecto é a heterogeneidade de navios, com diferentes fins, diferentes sistemas a bordo e idade. Markovina *et al.*, (2007) explicam que, por exemplo, navios petroleiros antigos, não foram projetados para a instalação de

um sistema de tratamento da água de lastro a bordo, devido à escassez de espaço na sala de máquinas, características dos equipamentos empregados na época de construção, além da habilidade e treinamento da tripulação para lidar com as especificidades das tecnologias aplicadas ao tratamento a bordo do navio.

Como as principais resoluções referentes à água de lastro sugiram a partir dos anos 90, verifica-se que grande parte dos navios não foram projetados contemplando os requisitos instituídos pela IMO e pelas sociedades classificadoras. O primeiro desafio para implementar qualquer alternativa de tratamento a bordo dos navios existentes é monitorar a qualidade da água coletada e, posteriormente, da água tratada. Para vencer esta barreira na prática faz-se sondagens no navio para coleta de amostras e determinar o que está presente na água.

As tecnologias instaladas a bordo dos navios, podem ser classificadas como: aquecimento, ozonização, eletro-ionização, choques elétricos, supersaturação de gás, biocidas, acústico, desoxigenação, ultravioleta e cloro para desinfecção da água. Esses métodos precisam preencher os seguintes requisitos: ser seguro, prático, de baixo custo e ambientalmente aceitável. Porém, ainda não foi encontrado nenhum tipo de tratamento que considera atender 100% todos os critérios, além de ser 100% eficiente. Nesta linha existem diversas empresas dedicando tempo e dinheiro na busca de um sistema que consiga eliminar 100% das espécies contidas na água de lastro.

Os principais métodos são:

- **Filtração:** através da filtração, pode-se remover zooplâncton (pequenos animais marinhos), grandes fitoplânctons (organismos vivos); contudo, este sistema não pode reduzir a concentração de muitos microorganismos. Silva e Fernandes (2004) explicam que o processo de filtração é amplamente utilizado para impedir o acesso aos tanques de organismos maiores, embora muitos aspectos precisam ser adequados à filtração para remoção de espécies indesejadas na água de lastro;
- **Radiação ultravioleta:** a fonte primária de radiação ultravioleta é o sol, mas também pode ser emitida através de lâmpadas incandescentes e fluorescentes. O processo de tratamento consiste da irradiação de luz ultravioleta na água do mar captada pelo navio. A luz UV induz mudanças fotoquímicas nos organismos que irão quebrar as ligações

químicas no DNA. Isto acarreta problemas na sobrevivência dos organismos, ou seja, ocorrem mutações levando-os a morte. Nos navios, são instalados tubos de Teflon e as lâmpadas ultravioletas são fixadas externamente a estes tubos. As lâmpadas emitem radiação em todas as direções e somente parte desta atinge o fluído que elimina os microorganismos. Salienta-se que este processo não tem o mesmo resultado para organismos maiores, por isso, em geral, busca-se combiná-lo com a filtração;

- **Ozônio:** O ozônio é um gás alotrópico do oxigênio. O ozônio O3 é um biocida usado no tratamento de água potável e em indústrias, não formando subprodutos tóxicos em água doce. O ozônio é certamente um poderoso agente, que rapidamente destrói vírus e bactérias, incluindo esporos, quando usado como desinfetante nos tratamentos de água convencional. O ozônio é gerado através de um gerador que, basicamente, consiste em um tubo (dielétrico), no qual passa o oxigênio, e aonde uma descarga elétrica constante (efeito carona), gerada através de um transformador nele existente, transforma a molécula de oxigênio (O2) em uma molécula de ozônio (O3). Assim, o ozônio é mesclado na água. O efeito biológico depende da concentração e do período de exposição. Longos tempos de contato com ozônio garantem uma alta taxa de mortalidade. Em sistemas industriais o ozônio é inserido na água através de borbulhamento que confere maior eficiência ao processo;
- **Aquecimento:** o tratamento térmico tem sido exaustivamente testado, mas não há certeza da temperatura ideal para eliminar todos os microorganismos. Basicamente, todas as alternativas térmicas buscam captar o calor gerado pelas máquinas do navio para aquecer a água de lastro. Este sistema foi originalmente proposto por (Rigby, 1994), que recomenda utilizar o calor gerado pelas máquinas principais e pelo sistema de refrigeração de água do navio. O calor requerido para aquecer uma grande quantidade de água em um navio é muito grande. Encanamentos adicionais seriam necessários para bombear a água do lastro através dos trocadores de calor existentes. Estão em progresso investigações relacionadas com a temperatura do tratamento e o tempo necessário, para matar ou deixar inativos determinados organismos;
- **Biocidas:** os biocidas são utilizados para tratamento da água e podem ser eficientes no tratamento dos microorganismos. O biocida mais conhecido é cloro empregado no

tratamento de água e esgoto. A eficiência do cloro está relacionada com o pH neutro. Em geral, costuma-se neutralizar a água antes da aplicação do cloro. Como a água do mar apresenta pH alcalino, ou seja, em torno de 8, este é um dos principais problemas da utilização do cloro como tratamento. Em contato com o cloro, a água do mar produz trihalometanos. Este composto, gerado, a partir da mistura do cloro com os organismos presentes na água de lastro, é classificado como cancerígenos (SILVA e FERNANDES, 2004).

4.3 – Tratamento em terra

O tratamento em terra da água de lastro pode ser dividido em 2 alternativas sendo em terra fixa e sistema móvel "barcaças e/ou navios" na área do porto.

4.3.1 – Estação em terra

Basicamente esta alternativa consiste em captar a água de lastro dos tanques dos navios e armazena - lá em tanques e depois trata - lá com alguma método físico e ou químico. Atualmente, todos as alternativas de tratamento de água de lastro devem ser testadas em unidades de terra, ou seja, as tecnologias são testadas em estações em terra por pelo menos 30 dias, antes de ir a bordo dos navios. Nestas estações é medida a eficácia do tratamento, em que são coletadas água dos navios e da própria região portuária para serem tratadas. Existem várias estações nos Estados Unidos, Europa e Ásia para este fim, o que sugere que estas tecnologias podem ser adaptadas para ficar operando em instalações de tratamento terrestre. Um exemplo disso, é a estação de tratamento de água de lastro de Valdez no Alasca, conforme mostrado na Figura 1.

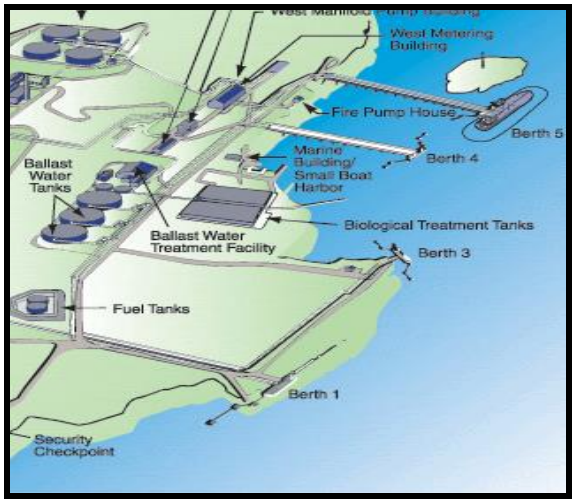


Figura 1 – Terminal de Valdez Alasca
Fonte: Valdez Terminal - http://tapseis.anl.gov

Esta instalação foi projetada especificamente para remover o óleo da água de lastro antes de liberá-la novamente no mar. Outras estações com mesma finalidades foram instaladas nos portos de Sullom Voe na Escócia e Scarpa Flow que funcionam desde a década de 70. Estas unidades de recepção de água de lastro foram exigidas sob um anexo da MARPOL 73/78 e devem ser implementadas no Brasil em função das exigências da Lei 9966/00. Estas instalações são operadas com a finalidade de separar o óleo da água de lastro, mas podem ser modificadas para incorporar um tratamento da água de lastro para remover os organismos aquáticos não nativos indesejáveis (STEMMING THE TIDE, 1996). Contudo, até o momento não foram quantificados os custos para tais adaptações.

Obviamente, que este sistema apresenta vantagens e desvantagens. A principal vantagem é o controle efetivo do local do despejo da água de lastro, além do controle da qualidade do tratamento. Um fator impeditivo é a necessidade de tancagem no porto, bem como rede de dutos para captação da água de lastro, além de em muitos casos uma adaptação do sistema de drenagem dos navios. Contudo, mostra-se como uma alternativa eficaz para o controle da bioinvasão, além de poder ser um serviço oferecido pelos portos ao armador, ao invés do mesmo investir em instalação de sistemas a bordo de suas embarcações.

4.3.2 – Sistema móvel de coleta e tratamento

Uma possibilidade de tratar á água de lastro é através de estações móveis (navios/barcaças) que podem tratar a água dos navios que não dispõem de instalações de tratamento a bordo, ou mesmo captar a água de lastro do navio e transporta-lá para uma unidade de tratamento costeira, conforme proposto por (CARLTON, 1995; WISCONSIN DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES, 2007).

Isto exigiria o transporte de grandes quantidades de água de lastro através de grandes portadores de carga (PEREIRA e BRINATI, 2008). Este tipo de transporte pode ser realizado através de barcaças oceânicas ou até mesmo navios petroleiros desativados e adaptados para este tipo de operação. Como é uma exigência mundial que os navios que transportem substâncias tóxicas tenham casco duplo, muitos navios com idade avançada deixaram de fazer estas viagens e ficaram fora de operação. Deste modo, eles poderiam ser utilizados para realizar este tipo de serviço.

5 – PROPOSIÇÃO DE UM SISTEMA DE CONTROLE DE ÁGUA DE LASTRO

Diante da problemática exposta e da lacuna encontrada na literatura no que tange os impactos do tratamento de água de lastro em terra, considerando as características portuárias de um terminal de minério de ferro, por ser basicamente importador de água de lastro, é que foi elaborado um modelo de simulação computacional para avaliar a viabilidade desta aplicação. Optou-se por avaliar esta alternativa para verificar se a captação da água de lastro no porto impacta na taxa de ocupação do berços, tempo de espera e número de navios em fila, em relação aos já praticados em alguns portos brasileiros.

Assim, o modelo conceitual do modelo de simulação é apresentado é composto dos seguintes elementos:

1. Chegadas de navios na barra;
2. Processo de alocação de berço;
3. Processo de atracação, que leva em consideração as restrições físicas de cada terminal no que tange canal de acesso “cruzamento” e ambientais maré e correnteza;
4. Processo de pré-operação após a atracação;
5. Processo de carregamento do navio e despejo de água de lastro;

6. Processo de transferência de água de lastro para unidade de armazenamento em terra;
7. Processo de desatracação, que leva em consideração as restrições físicas de cada terminal, bem como condições de maré e canal de acesso;
8. Processo de tratamento e descarte da água de lastro armazenada;

A representação gráfica do modelo conceitual é apresentada na Figura 2.

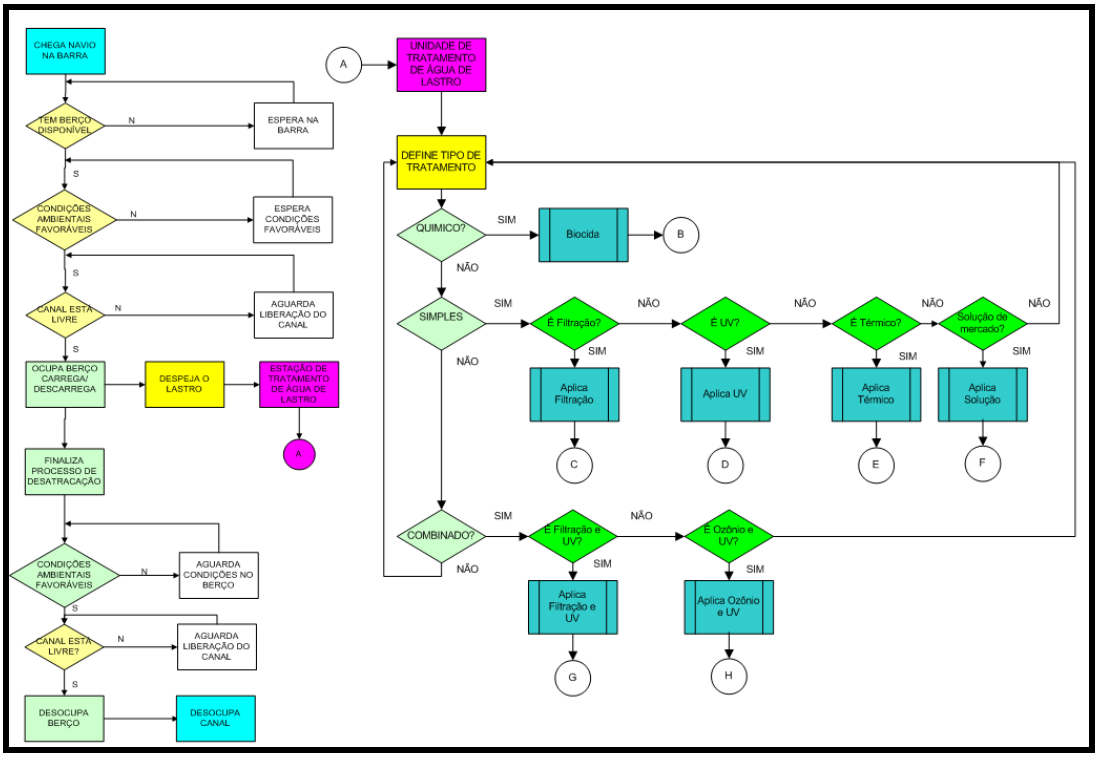


Figura 2 – Representação do modelo conceitual

Basicamente, a representação desta alternativa de tratamento de água de lastro é muito similar a uma operação comum de chegada de navios nos portos, uma vez que o procedimento de operação não muda. A principal diferença do sistema proposto é que ao invés do navio despejar o lastro diretamente na água no porto ele é captado, armazenado e depois destinado para uma unidade de tratamento. O modelo de simulação é definido como "Genérico", ou seja, capaz de ser aplicado em qualquer porto com características semelhantes de operação dos portos selecionados. No modelo serão incorporadas as características operacionais de cada uma alternativas de solução considerando a capacidade e tipo de tancagem para estação em terra, tipo de tratamento químico, físico ou biocida em terra e capacidade de tratamento m^3/h), bem como as características operacionais dos portos no tocante as restrições de canal de acesso "cruzamento", maré e número

de berços de atracação, taxa dos equipamentos de carregamento, perfil da frota e volume de lastro a bordo.

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou uma visão geral dos impactos e alternativas utilizadas atualmente para tratar a água de lastro. Cabe salientar que a eficácia dos métodos existentes tanto os procedimentos operacionais quanto as alternativas tecnológicas a bordo dos navios não conferem 100% de eficiência. Deste modo, é necessário que um grande envolvimento da tripulação do navio no auxilio do problema, procurando não coletar a água de lastro em locais que apresentem florações de algas evidentes, bem como evitar essa operação a noite quando alguns microorganismos planctônicos migram para uma posição mais elevada na coluna d'água.

Diante da situação atual não se pode descartar nenhuma alternativa de tratamento da água de lastro, mesmo que o interesse principal da solução apresente um viés comercial. As alternativas que serão testadas através do modelo computacional poderá apresentar os limites para este tipo de operação, bem como sua viabilidade do ponto de vista operacional e comercial.

7 - REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Brasil – Água de lastro. Projetos GGPAF. 2002. 2003.

CARLTON J.T., et al . 1995. "Transoceanic and inter-oceanic dispersal of coastal marine organisms: The biology of ballast water. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review"*, v.23.

CARON JUNIOR, A., Avaliação do risco de introdução de espécies exóticas no porto de Itajaí e entordo por meio de água de lastro. Dissertação (mestrado) apresentada a Universidade do Vale do Itajaí em Ciências e Tecnologia Ambiental. 2007.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA, BALLAST WATER MANAGEMENT. 2008

LEAL NETO, A.C., Identificando similaridades: Uma aplicação para a avaliação de risco de água de lastro. Tese (Doutorado) apresentada a Universidade Federal do Rio de Janeiro em Ciências em Planejamento Energético. 2007.

MEDEIROS, D. de S., Avaliação de risco da introdução de espécies marinhas exóticas por meio de água de lastro no Terminal Portuário de Ponta Ubu (ES). IPT. 2004.

PEREIRA,N.N.; BRINATI, H.L., Um estudo sobre água de lastro. Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore, 2008.

REZENDE, M.F., Variação das características hidráulicas em condutos forçados devido à infestação pelo Limnoperna fortunei. Dissertação apresentada a Universidade Federal de Minas Gerais Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. 2007.

RIGBY, G., Possible solutions to the ballast water problem. Australian Quarantine. 1994.

SEELIGER, U. COSTA, C. S. B. Alterações de Hábitats Devido às Aatividades Antrópicas na Costa Sul do Brasil. Anais do VI Congresso de Ecologia do Brasil (CEB, Fortaleza-CE).

SILVA, J.; SOUZA, R., Água de Lastro e Bioinvasão. InterCiência. 2004.

WISCONSIN DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES. Port of Milwaukee Onshore Ballast Water Treatment Feasibility Study Report. 2007.

Verification of IMO Criteria for Tanker Ship: Comparison between Linear and Nonlinear Models

Hernani L. Brinati
Universidade de São Paulo (USP)
hlbrinat@usp.br

Mardel de Conti
Universidade de São Paulo (USP)
mbdconti@usp.br

Abstract

The paper analyzes some maneuverability models, both linear and nonlinear, in respect to IMO (International Maritime Organization) criteria applied for tanker ships. These aimed criteria encompass turning, initial turning, yaw checking and course keeping abilities. The linear model is based on a low aspect ratio hydrofoil theory and on some semi-empirical adjustments for consideration of hull bluffness. Nonlinear models are here structured based on existing experimental data. Software is built for determination of the hydrodynamic forces and for simulation of the ship paths. Ship velocity is not a parameter in the linear model for steady-state turning maneuvers, in the sense that it is not captured by the corresponding dynamics. The effect of the ship velocity, however, can be observed through the adoption of nonlinear models. The influence of the velocity on the resulting paths and forces is here analyzed, both in the steady and the transient hull motions.

1. Introdução

O presente trabalho trata da verificação de critérios da IMO (*International Maritime Organization)* quanto à manobrabilidade de embarcações, em particular de navios petroleiros.

A constatação das qualidades de manobra para o navio recém entregue se dá por meio das provas de mar. No decorrer do projeto, a verificação dos critérios pode ser feita por ensaios experimentais com modelos em escala reduzida ou por simulações numéricas avançadas. Porém, nas etapas iniciais, é conveniente dispor-se de métodos teóricos e semi-empíricos para avaliar os parâmetros das equações de movimento, que podem ser integradas numericamente.

Este trabalho aplica modelos simples, cujo uso é conveniente no início do projeto. Tais modelos incluem tipicamente as seguintes representações: dinâmica do movimento do casco, formulação dos esforços hidrodinâmicos passivos (casco e apêndices), equacionamento da força propulsora e do torque no hélice, e dinâmica do sistema propulsor (propulsor, eixo, motor).

A representação dos esforços hidrodinâmicos pode ser desenvolvida analiticamente por teorias simplificadas de sustentação e de arrasto para fólios finos sob pequeno ângulo de ataque, como por exemplo a teoria de Jones (Jones, 1946). Alternativamente podem ser empregados resultados experimentais ou empíricos para determinadas classes de embarcações. A Teoria de Jones leva a representações lineares dos esforços em função das componentes de velocidade. Quanto aos coeficientes empíricos, existem representações lineares e não-lineares.

Um dos objetivos deste trabalho é a comparação de resultados obtidos por meio de um modelo linear racional, de um modelo linear com correções empíricas e de um modelo não linear semi-empírico com resultados de provas de mar para o navio Esso Osaka, utilizado como benchmark em diversos trabalhos propostos pela ITTC (*International Towing Tank Conference*).

2. Critérios de manobrabilidade da IMO

Os critérios da resolução IMO (IMO, 2002) se aplicam a toda embarcação de comprimento maior do que 100 metros, e também àquelas de carga perigosa (química, gás) de qualquer comprimento, as quais devem atender a certos padrões de manobra, isto sendo demonstrado no processo de projeto e posteriormente em provas de mar. As condições para essas verificações são: plena carga em águas profundas; condições calmas de ventos e ondas; regime permanente de velocidade, a qual deve ser 90% da velocidade de serviço, com potência 85% da máxima potência de saída do motor.

Os critérios envolvem (ver figura 1):

1) manobras de giro:

   -devem ser verificadas para boreste e para bombordo; deve-se aplicar 35 graus de ângulo de leme ou o máximo permissível na velocidade de teste; o avanço – distância percorrida na direção original, do momento em que o leme é acionado até o aproamento do navio ter se alterado de 90 graus – não deve exceder 4,5 vezes o comprimento do navio; o diâmetro tático – distância percorrida perpendicularmente à trajetória original, do momento em que o leme é acionado até o aproamento do navio ter se alterado de 180 graus – não deve exceder 5,0 vezes o comprimento do navio;

2) capacidade de entrar em giro;

-deve-se aplicar 10 graus de ângulo de leme; a distância percorrida até o navio ter seu rumo alterado de 10 graus não deve ser superior a 2,5 vezes o comprimento do navio;

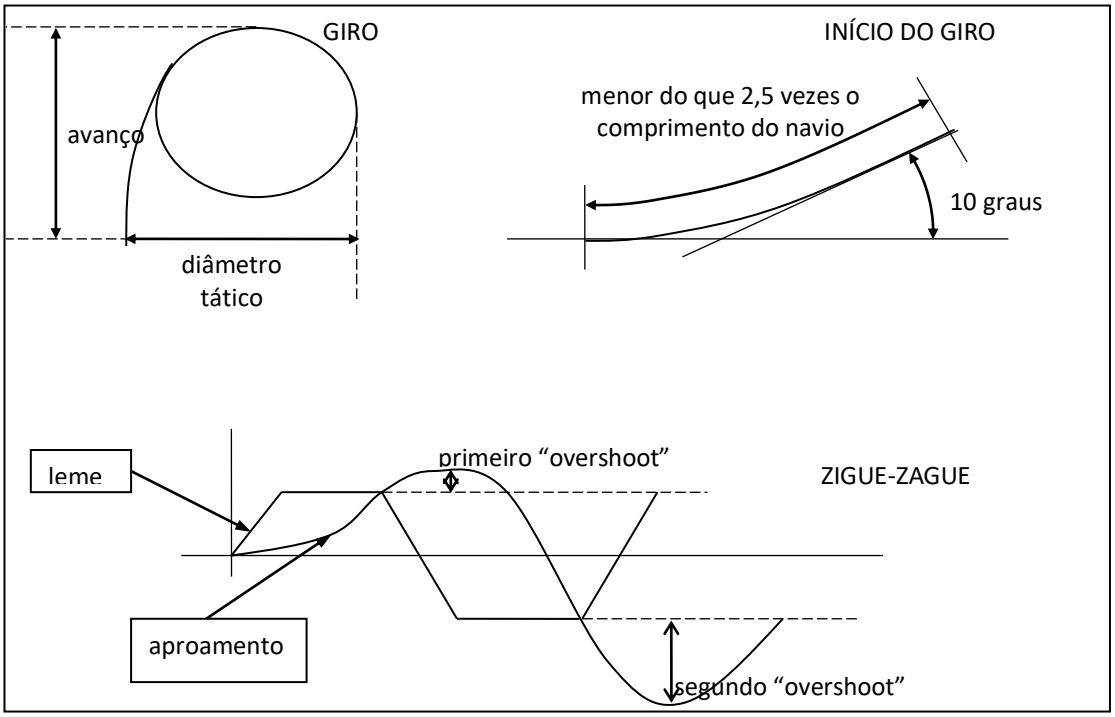


Figura 1 – Ilustração de critérios da IMO (IMO, 2002).

3) manobras zigue-zague com ângulo de leme de 10 graus;

-devem ser verificadas para boreste e para bombordo; deve-se aplicar 10 graus de ângulo de leme; após o aproamento do navio ter-se alterado de 10 graus, deve-se aplicar ângulo de leme de 10 graus no bordo oposto; o resultante ângulo de "overshoot" deve ser menor do que 10 graus se L/U<10 seg[1], menor do que 20 graus se L/U>30 seg, e menor do que $\left(5+\frac{1}{2}\frac{\mathrm{L}}{\mathrm{U}}\right)$ graus se 10 seg<L/U<30 seg; após o aproamento do navio ter-se alterado para 10 graus no outro bordo, volta-se a aplicar ângulo de leme de 10 graus no bordo oposto; o segundo ângulo de "overshoot" deve ser menor do que a soma do primeiro com 15 graus;

4) manobras zigue-zague com ângulo de leme de 20 graus:

[1] L: comprimento entre perpendiculares em metros; U: velocidade de teste em metros por segundo.

-semelhante à anterior, porém com ângulo de leme de 20 graus, considerando-se somente o primeiro "overshoot", que não deve exceder 25 graus;

5) teste de parada:

-o leme deve ficar alinhado com o navio; deve-se ter reversão total do(s) propulsor(es) para ré, a partir da situação de velocidade de teste; a distância percorrida a vante pelo navio a partir da reversão não deve exceder 15 vezes o comprimento do navio; se o navio tiver "grande" deslocamento, este limite pode ser reconsiderado pelos controladores da norma.

Neste trabalho, abordam-se as manobras de giro e zigue-zague, as quais participam dos quatro primeiros critérios; não se aborda manobra de parada, referente ao quinto critério.

3. Modelos de manobra.

Considere-se movimento no plano horizontal. A embarcação está numa certa posição (x,y), com relação a um sistema global fixo na Terra, com um certo aproamento ψ (ângulo que a linha de centro do barco forma com o eixo dos x), conforme figura 2. Os eixos X e Y se alinham com as direções longitudinal e transversal da embarcação em cada instante, com origem no centro de massa. A velocidade de translação a vante é U, sofrendo pequenas variações u na direção longitudinal e v na transversal. A velocidade angular de guinada é r.

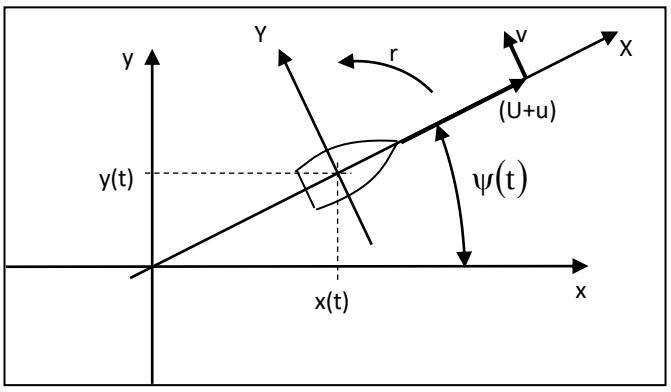


Figura 2 – Movimento da embarcação no plano horizontal

Sejam F_X, F_Y e M_Z os esforços externos sobre a embarcação, excluídos os efeitos de inércia hidrodinâmica. As equações da dinâmica do movimento são:

$$\frac{du}{dt} = \frac{1}{m + m_{Xa}} F_X \quad ; \quad \frac{dv}{dt} = \frac{1}{m + m_{Ya}} \left(F_Y - \left(m + m_{Xa}\right)Ur\right) \quad ; \quad \frac{dr}{dt} = \frac{1}{I_Z + I_{Za}} M_Z \qquad (1)$$

onde m_{Xa}, m_{Ya} e I_{Za} são as inércias adicionadas; os termos de segunda ordem nos esforços inerciais foram desprezados.

Os esforços externos não inerciais, atuantes no casco e superfícies de controle, compreendem arrasto, sustentação e seus momentos. Tais esforços são função dos seguintes parâmetros : proporções, coeficientes de forma e porte da embarcação (expresso, por exemplo, pelo deslocamento); geometria das superfícies de controle (razão de aspecto; área lateral); ângulo do leme (δ); rotação do propulsor (n). Os esforços externos não inerciais dependem ainda das variáveis cinemáticas do movimento. Uma maneira clássica de representação desses esforços é por meio da expansão em séries de potências de u, v, r, δ e Δn (variação da rotação).

Os coeficientes dos termos da expansão segundo u, v e r são conhecidos como derivadas hidrodinâmicas. As derivadas lineares aqui consideradas estão indicadas na tabela 1.

Tabela 1 – Derivadas hidrodinâmicas lineares

Derivadas	Sinal
F_{Xv}, F_{Xr}, $F_{X\delta}$, F_{Yu}, $F_{Y\Delta n}$, M_{Zu}	admitidas nulas
F_{Xu}, F_{Yv}, M_{Zv}, $M_{Z\delta}$, M_{Zr}	negativas
$F_{X\Delta n}$, $F_{Y\delta}$, F_{Yr}	positivas
$M_{Z\Delta n}$	sinal depende de características dos propulsores e de seus sentidos de rotação

Na hipótese de casco simétrico e de velocidades de perturbação pequenas com relação ao movimento retilíneo uniforme a vante, verifica-se um desacoplamento entre a equação de movimento de avanço e os demais (deriva e guinada).

Adotam-se versões não dimensionais para os parâmetros e variáveis do problema, definidas conforme tabela 2.

As equações da dinâmica na forma não dimensional são:

$$\left(2\frac{C_B}{L/B}+m'_{Xa}\right)\frac{du'}{dt'}=-\left|F'_{Xu}\right|u'+\left|F'_{X\Delta n}\right|\Delta n' \tag{2}$$

$$\left(2\frac{C_B}{L/B}+m'_{Ya}\right)\frac{dv'}{dt'}=-\left|F'_{Yv}\right|v'+\left|F'_{Yr}\right|r'+\left|F'_{Y\delta}\right|\delta-\left(2\frac{C_B}{L/B}+m'_{Xa}\right)r' \tag{3}$$

$$\left(I'_Z+I'_{Za}\right)\frac{dr'}{dt'}=-\left|M'_{Zv}\right|v'-\left|M'_{Zr}\right|r'-\left|M'_{Z\delta}\right|\delta\pm\left|M'_{Z\Delta n}\right|\Delta n' \tag{4}$$

Tabela 2 – Definição de parâmetros adimensionais.

Parâmetros dimensionais	Correspondentes parâmetros adimensionais
distâncias	distâncias/L
tempo	$t'=\frac{t}{L/U}$
velocidades de translação	$u'=\frac{u}{U},\ v'=\frac{v}{U}$
velocidades angulares	$r'=\frac{r}{U/L},\ \Delta n'=\frac{\Delta n}{U/L}$
acelerações	acelerações/$\left(U^2/L\right)$
acelerações angulares	acelerações angulares/$\left(U^2/L^2\right)$
forças de inércia, forças externas	forças/$\left[\frac{1}{2}\rho(LT)U^2\right]$
momentos de forças externas	momentos/$\left[\frac{1}{2}\rho L^2TU^2\right]$
inércias	$m'=\frac{m}{\frac{1}{2}\rho L^2T}=2\frac{C_B}{L/B},\ m'_{Xa}=\frac{m_{Xa}}{\frac{1}{2}\rho L^2T},\ m'_{Ya}=\frac{m_{Ya}}{\frac{1}{2}\rho L^2T},\ I'_Z=\frac{I_Z}{\frac{1}{2}\rho L^4T},\ I'_{Za}=\frac{I_{Za}}{\frac{1}{2}\rho L^4T}$
derivadas hidrodinâmicas	$F'_{Xu}=\frac{F_{Xu}}{\frac{1}{2}\rho LTU},\ F'_{Yv}=\frac{F_{Yv}}{\frac{1}{2}\rho LTU};M'_{Zv}=\frac{M_{Zv}}{\frac{1}{2}\rho L^2TU},\ F'_{Yr}=\frac{F_{Yr}}{\frac{1}{2}\rho L^2TU},\ F'_{X\Delta n}=\frac{F_{X\Delta n}}{\frac{1}{2}\rho L^2TU};$ $M'_{Z\delta}=\frac{M_{Z\delta}}{\frac{1}{2}\rho L^2TU^2};\ M'_{Zr}=\frac{M_{Zr}}{\frac{1}{2}\rho L^3TU},\ M'_{Z\Delta n}=\frac{M_{Z\Delta n}}{\frac{1}{2}\rho L^3TU};\ F'_{Y\delta}=\frac{F_{Y\delta}}{\frac{1}{2}\rho LTU^2}$

Para obtenção da trajetória, empregam-se as equações cinemáticas, que na forma não dimensional se expressam por:

$$\frac{dx'}{dt'}=(1+u')\cos\psi-v'\sin\psi\ \ ;\ \ \frac{dy'}{dt'}=(1+u')\sin\psi+v'\cos\psi\ \ ;\ \ \frac{d\psi}{dt'}=r' \tag{5}$$

As derivadas lineares são aqui estimadas pela teoria de asa curta (Jones, 1946). Os coeficientes de sustentação C_L no casco ou em superfícies de controle obedecem:

$$\frac{\partial C_L}{\partial \beta} = \frac{2\pi}{1+\frac{2}{AR}+\frac{2}{AR\left(1+AR/2\right)}} \tag{6}$$

sendo AR a razão de aspecto e β o ângulo de ataque.

No modelo linear, as trajetórias são entendidas como compostas de pequenos desvios instantâneos em relação a trajetórias retilíneas uniformes; neste caso, o ângulo de ataque (*drift angle*) pode ser aproximado por $\beta = \arctan\frac{v}{U} \approx \frac{v}{U}$.

Considere-se um casco de comprimento L, boca B e calado T; sua área lateral é aproximada por LT. Considere-se um leme de área lateral A_{leme}. Na forma não dimensional, as derivadas hidrodinâmicas lineares do conjunto casco-leme ficam:

$$F'_{Yv} \cong -\left|\frac{\partial C_{L,casco}}{\partial \beta}\right| - \frac{A_{leme}}{LT}\left|\frac{\partial C_{L,leme}}{\partial \beta}\right| \tag{7}$$

$$M'_{Zv} = -\frac{1}{2}\frac{\pi T}{L} + \frac{1}{2}\frac{A_{leme}}{LT}\left|\frac{\partial C_{L,leme}}{\partial \beta}\right| \tag{8}$$

$$F'_{Yr} = \frac{1}{2}\frac{\pi T}{L} + \frac{1}{2}\frac{A_{leme}}{LT}\left|\frac{\partial C_{L,leme}}{\partial \beta}\right| \tag{9}$$

$$M'_{Zr} = -\frac{1}{4}\frac{\pi T}{L} - \frac{1}{4}\frac{A_{leme}}{LT}\left|\frac{\partial C_{L,leme}}{\partial \beta}\right| \tag{10}$$

$$F'_{Y\delta} \cong \frac{A_{leme}}{LT}\left|\frac{\partial C_{L,leme}}{\partial \beta}\right| \tag{11}$$

$$M'_{Y\delta} \cong -\frac{1}{2}\frac{A_{leme}}{LT}\left|\frac{\partial C_{L,leme}}{\partial \beta}\right| \tag{12}$$

Clarke et alii (1983) sugerem o uso de coeficientes de correção com base empírica para os termos de sustentação e de inércia.

Adicionalmente ao modelo linear, neste trabalho apresenta-se um modelo que inclui:

-variação da resistência ao avanço em decorrência da deriva e da guinada, implicando em acoplamento das equações da dinâmica em avanço, deriva e guinada;

-dinâmica do sistema propulsor, que fica acoplada às equações anteriores.

A equação modificada para o avanço e a equação para a dinâmica do sistema propulsor são:

$$\left(2\frac{C_B}{L/B}+m'_{Xa}\right)\frac{du'}{dt'}=-R'+T'_h-\left|F'_{Xvv}\right|v'^2-\left|F'_{Xvr}\right|v'r'-\left|F'_{Xrr}\right|r'^2 \tag{13}$$

$$2\pi I'_Q\frac{dn'}{dt'}=Q'_m-Q'_h \tag{14}$$

onde R' é resistência ao avanço, T'_h é força propulsora, F'_{Xvv}, F'_{Xvr} e F'_{Xrr} são derivadas não lineares relativas à variação da resistência ao avanço com deriva e guinada, I'_Q é momento de inércia do sistema propulsor, incluindo efeitos de inércia adicionada do hélice, Q'_m é torque motor, Q'_h é torque resistente do hélice, todos na forma não dimensional, conforme definições da tabela 3.

Tabela 3 – Definição de parâmetros adimensionais para o modelo não linear

Parâmetros dimensionais	Correspondentes parâmetros adimensionais
resistência e força propulsora	$\text{força}/\left[\frac{1}{2}\rho(LT)U^2\right]$
derivadas hidrodinâmicas	$F'_{Xvv}=F_{Xvv}/\left(\frac{1}{2}\rho LT\right)$; $F'_{Xvr}=F_{Xvr}/\left(\frac{1}{2}\rho L^2T\right)$; $F'_{Xrr}=F_{Xrr}/\left(\frac{1}{2}\rho L^3T\right)$
momento de inércia	$I'_Q=\frac{I_Q}{\frac{1}{2}\rho L^4T}$
torques motor e no hélice	$\text{torques}/\left[\frac{1}{2}\rho L^2TU^2\right]$

Na representação das derivadas não lineares, utilizaram-se dados empíricos (Lee et al., 2003); na estimativa para T'_h e Q'_h utilizaram-se dados experimentais para propulsores B-Troost (Lewis, 1988); na estimativa da resistência, utilizaram-se dados empíricos (Lewis, 1988); o torque motor foi considerado constante.

4. Resultados para o navio Esso Osaka e sua comparação com dados de provas de mar

Os modelos apresentados na seção anterior foram usados para simulação de manobras de giro e de zigue-zague para o navio Esso Osaka, fazendo-se uma comparação dos resultados com dados de campo de provas de mar (ITTC, 2002).

Quanto ao modelo linear, determinou-se o histórico das velocidades de perturbação por integração das equações (3) e (4); em seguida, obteve-se a trajetória por integração das equações (5). A velocidade longitudinal permanece constante.

No caso do modelo não linear, o histórico das velocidades de perturbação e da rotação foi determinado pela integração das equações (3), (4), (13) e (14). A velocidade longitudinal e a rotação resultam variáveis.

4.1 – Manobra de giro

Foi simulada a manobra de giro com velocidade inicial de 10 nós e ângulo de leme de 35 graus. Na figura 3 apresentam-se as trajetórias obtidas com os dois modelos (linear e não linear), juntamente com pontos relativos a prova de mar (ITTC, 2002). Nas figuras 4 e 5 apresentam-se os históricos de velocidade de deriva e de velocidade angular de guinada, respectivamente. Nas figuras 6 e 7 apresentam-se a velocidade de avanço e a rotação do eixo.

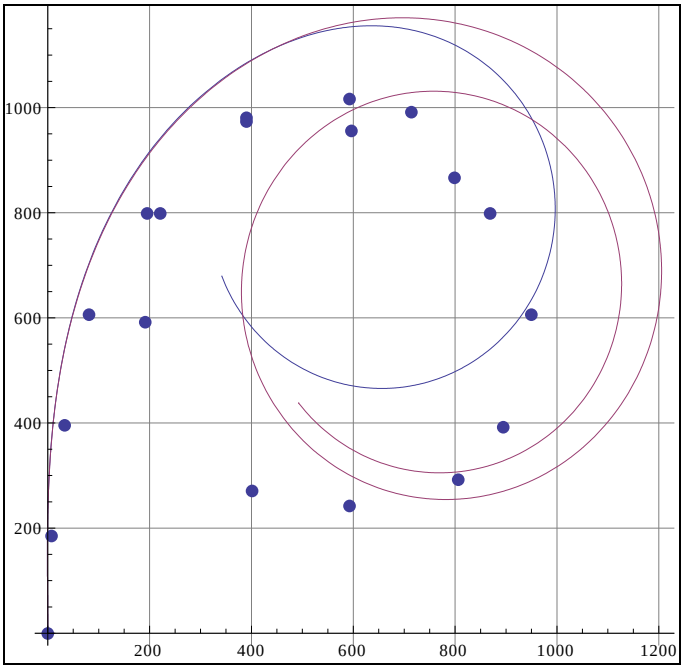


Figura 3 – Trajetória (x e y em metros) – modelos linear (vermelho), não linear (azul) e prova de mar (pontos)

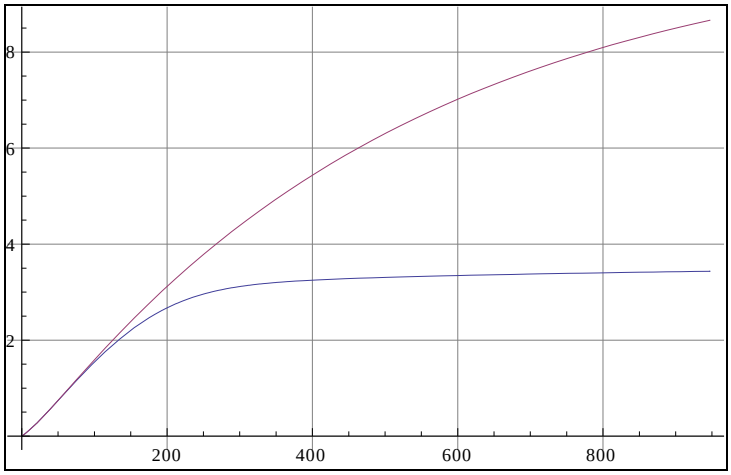


Figura 4 – Histórico de velocidade de deriva (nós; tempo em seg) – modelos linear (vermelho) e não linear (azul)

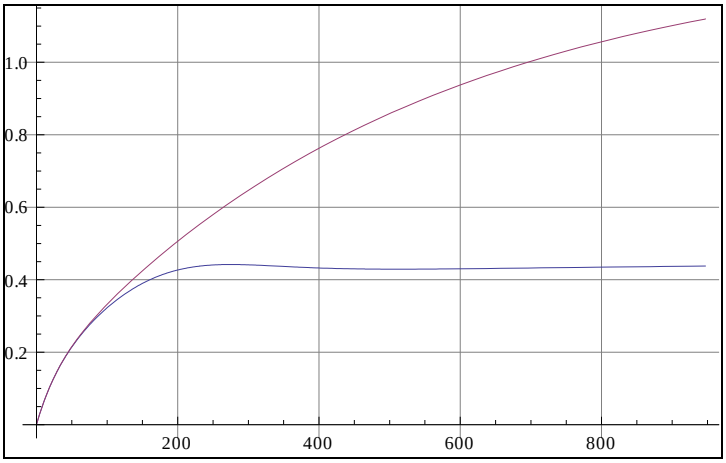


Figura 5 – Histórico de velocidade angular de guinada (graus/seg; tempo em seg) – modelos linear (vermelho) e não linear (azul)

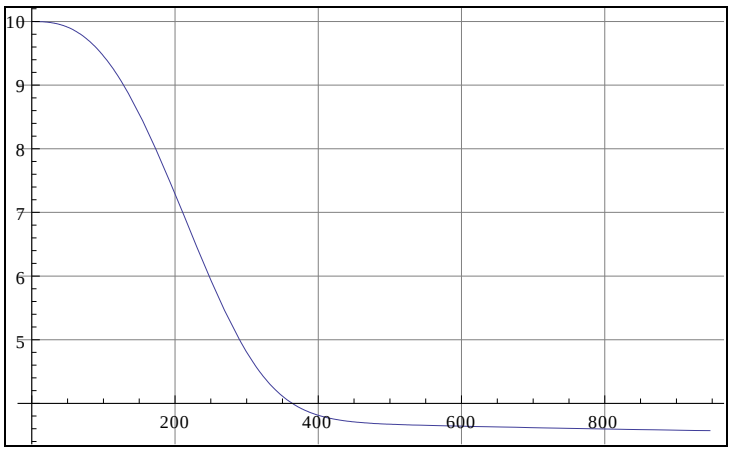


Figura 6 – Histórico de velocidade de avanço (nós) – modelo não linear

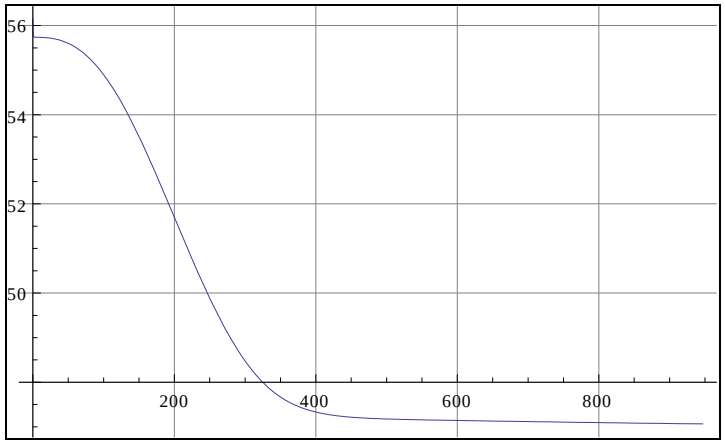


Figura 7 – Histórico de rotação do eixo (rpm) – modelo não linear

4.2 – Manobra de zigue-zague

Foi simulada a manobra de zigue-zague com velocidade inicial de 7.5 nós e ângulo de leme alternado de 10 graus. Na figura 8 apresentam-se os históricos de ângulo de aproamento com os dois modelos (linear e não linear), assim como o ângulo de leme. Nas figuras 9 e 10 apresentam-se os históricos de velocidade de deriva e de velocidade angular de guinada, respectivamente, sendo que no último são acrescidos os resultados de prova de mar (ITTC, 2002). Nas figuras 11 e 12 apresentam-se a velocidade de avanço e a rotação do eixo.

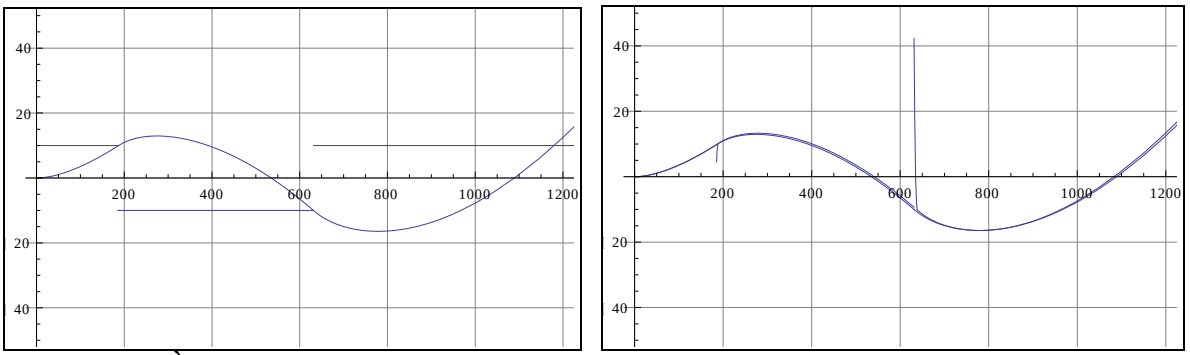


Figura 8 – À esquerda: histórico do ângulo de aproamento e de ângulo de leme (graus) – modelo não linear – realizadas apenas duas mudanças de leme além do posicionamento inicial – À direita: histórico do ângulo de aproamento (graus) – modelos linear e não linear

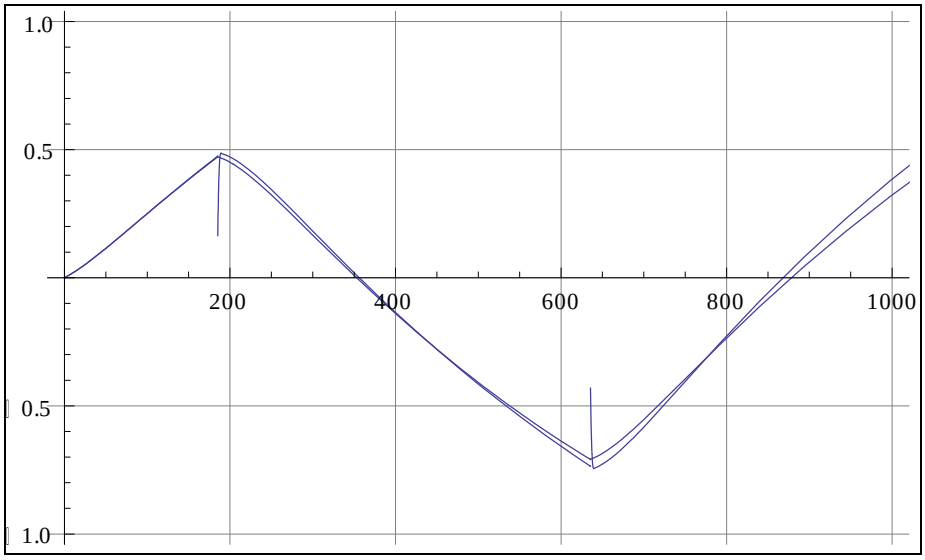


Figura 9 – Histórico de velocidade de deriva (m/seg) –
modelos linear e não linear (com singularidades na mudança de leme)

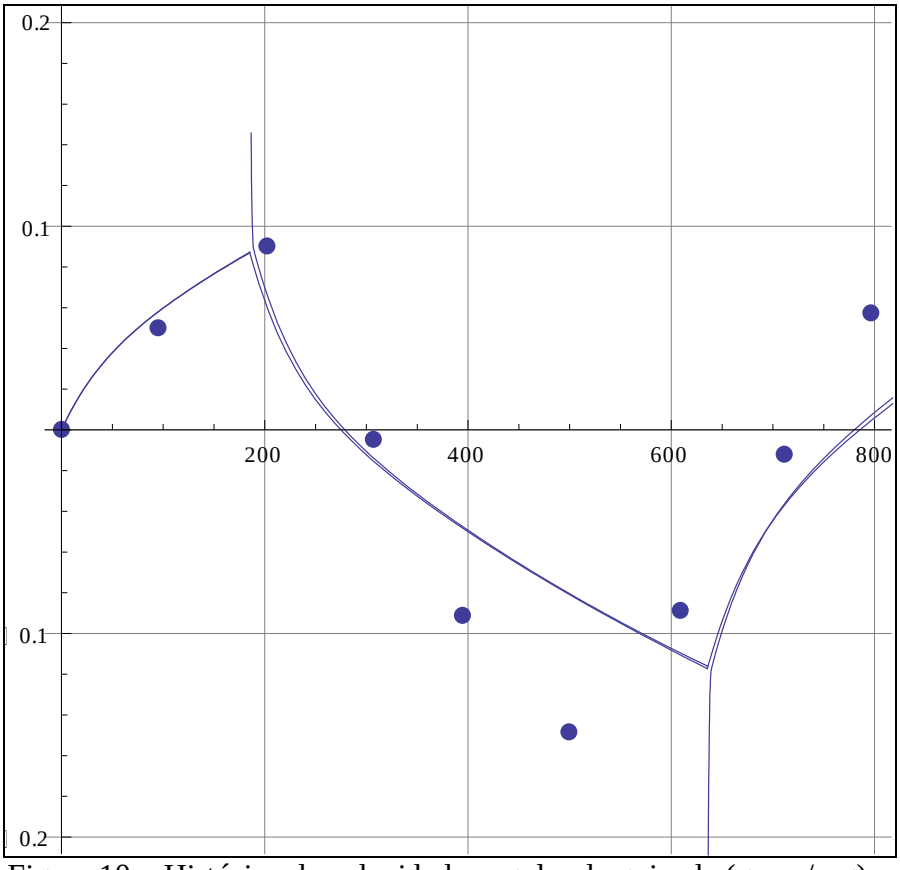


Figura 10 – Histórico de velocidade angular de guinada (graus/seg) –
modelos linear, não linear (com singularidades na mudança de leme) e provas de mar (pontos)

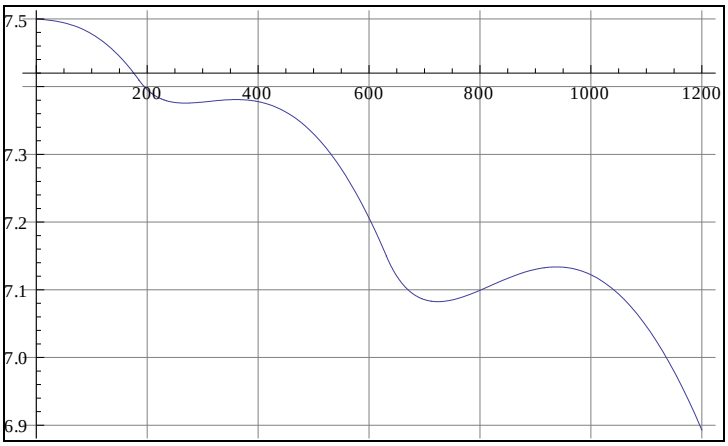


Figura 11 – Histórico de velocidade de avanço (m/seg) – modelo não linear

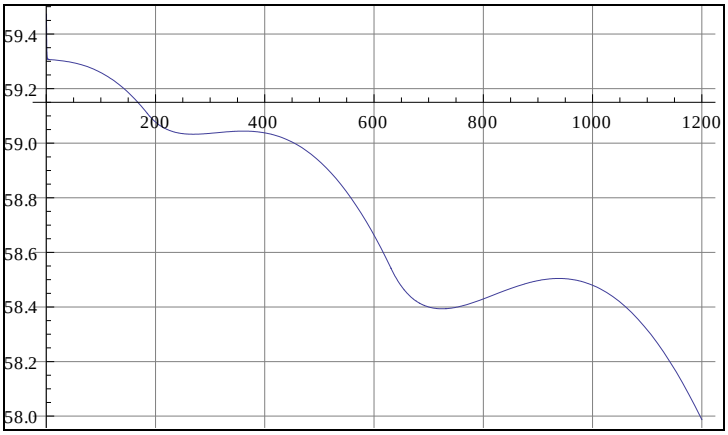


Figura 12 – Histórico de rotação do eixo (rpm) – modelo não linear

5. Conclusões

As seguintes observações podem ser feitas:

a) Os modelos linear e não linear fornecem estimativas do avanço (manobra de giro) que ultrapassam em cerca de 20% os resultados de prova de mar (figura 31); porém, a verificação dos critérios da IMO, para o navio em questão, não fica prejudicada, uma vez que os limites são atendidos com folga; Não há praticamente diferença entre as previsões para avanço pelos modelos linear e não linear;

b) Os modelos linear e não linear fornecem estimativas do diâmetro tático (manobra de giro) diferenciadas; enquanto a estimativa do modelo linear ultrapassa em cerca de 20% o obtido na prova de mar, a do modelo não linear fica bastante próxima da de prova de mar (figura 3); porém, mesmo no caso do modelo linear, a verificação dos critérios da IMO não fica prejudicada, uma vez que os limites são atendidos com folga;

c) O modelo linear apresenta resultados sempre crescentes, para a velocidade de deriva e para a velocidade de guinada na manobra de giro, o que deve estar associado ao fato de a velocidade de avanço permanecer constante, e não diminuir, o que efetivamente é observado na prática; os resultados previstos para o modelo não linear se estabilizam em regime permanente no giro (figuras 4 e 5);
d) O modelo não linear captura a queda da velocidade de avanço e da rotação do propulsor para a embarcação em manobra de giro; a forma da queda da velocidade é assemelhada, e com valores da mesma ordem de grandeza, com a verificada nas provas de mar (ver figuras 6 e 7, bem como ITTC, 2002);
e) Em manobra de zigue-zague, as trajetórias previstas pelo modelo não linear e pelo modelo linear praticamente se confundem; os resultados de ângulo de aproamento apresentam a mesma tendência e ordem de grandeza que aqueles para provas de mar (ver figura 8, bem como ITTC, 2002); os critérios da IMO são verificados com folga; a coincidência prática das trajetórias pode ser inferida pela figura 3, referente à manobra de giro, em que se observa que, para os ângulos menores de aproamento, as trajetórias previstas pelos dois modelos praticamente coincidem; tal é o caso da manobra de zigue-zague com ângulos que não ultrapassam, no presente caso, 10 graus;
f) À semelhança das trajetórias, as velocidades de deriva e as velocidades angulares de guinada previstas pelos dois modelos para as manobras de zigue-zague praticamente coincidem (ver figuras 9 e 10); quanto à comparação dos valores de velocidade de guinada com os de provas de mar (ver figura 10), observa-se retardo da ordem de 150 seg, bem como uma redução das velocidades angulares máximas da ordem de 25%, o que não chega a comprometer a verificação dos critérios da IMO, já que estes são atendidos com folga, como se observou em (e);
g) O modelo não linear captura a queda sinuosa da velocidade de avanço e da rotação do propulsor para a embarcação em manobra de giro; a forma da queda da velocidade é assemelhada, e com valores da mesma ordem de grandeza, com a verificada nas provas de mar (ver figuras 11 e 12, bem como ITTC, 2002).

Conclui-se que há potencial de aplicação dos modelos linear e não linear, cujos únicos dados empíricos e experimentais incorporados se referem ao desempenho do propulsor e à resistência ao avanço, como instrumentos válidos para verificação de atendimento aos

critérios da IMO referentes a manobras de giro e de zigue-zague para petroleiros de grande porte. O estudo deve ainda ser continuado para verificar a utilização desses modelos para outros tipos de embarcação. Sua aplicação, enfatize-se, é indicada para as fases iniciais do projeto, apenas, quando não se conhecem mais do que dados globais da embarcação, desejando-se estudar a influência da variação de certos parâmetros quanto ao desempenho em manobra. Observe-se, finalmente, que o modelo não linear fornece resultados mais realísticos quanto à redução das velocidades.

6. Referências bibliográficas

Clarke, D.; Gedling, P. & Hine, G.. The application of maneuvering criteria in hull design using linear theory. In: Transactions of RINA, v. 125, 1983, p. 45-68.

Clarke, D. & Yap, M. L. R.. A multi-criteria view of the IMO manoeuvring requirements. In: Transactions of RINA, v. 143, 2001, p. 99-111.

Lee, T.; Ahn, Hyoung,K.; Lee, S.; Yum, D.; On an Empirical Prediction of Hydrodynamic Coefficients for Modern Ship Hulls, 2003.

Lewis. Principles of Naval Architecture, Vol.II, SNAME, 1988.

IMO (International Maritime Organization); Explanatory Notes to the Standards for Ship Manoeuvrability; MSC/Circ.1053, 16 December 2002.

ITTC (International Towing Tank Conference; The Specialist Committee on Esso Osaka; Final Report and Recommendations to the 23rd ITTC, 2002.

ITTC (International Towing Tank Conference; The Manoeuvring Committee; Final Report and Recommendations to the 24th ITTC, 2005.

Jones, R. T.; Properties of Low Aspect Ratio Pointed Wings at Speed Below and Above the Speed of Sound. NACA Report, 1946.

Kijima, K.; On Some Problems in the Interim Standards of Ship Manoeuvrability in IMO; *ITTC* (International Towing Tank Conference, Group Discussion B.2 / IMO Standards and ITTC; 23rd ITTC, 2002.

Projeto De Embarcações Para Um Sistema Aquaviário De Transporte Urbano Da Região Metropolitana De Belém

Heleno Teixeira Filho – UFPA – Belém, Pará, Brasil – helenotf@bol.com.br
Hito Braga de Moraes – UFPA – Belém, Pará, Brasil – hito@ufpa.br
Maisa Sales Tobias – UFPA – Belém, Pará, Brasil – maisa@ufpa.br

Resumo

A presente proposta tem por objetivo a elaboração de um projeto preliminar de embarcações que atendam o transporte da população *ribeirinha que vive nas ilhas da Região Metropolitana de Belém (RMB), Brasil, para o centro urbanizado, atendendo requisitos de custos, benefícios, parâmetros de projeto e respectivas normas de navegação brasileira.



Figura 01 – Localização geográfica da RMB

*Ribeirinha: populações que vivem as margens dos rios amazônicos, geralmente moram em palafitas e casas de barro.

1- Introdução

É incontestável a relevância em desafogar o transito de veículos nas grandes cidades. Esta questão leva à espontânea obrigação de pesquisar alternativas tecnológicas para desafogar o sistema rodoviário urbano de transporte metropolitano. Especificamente na RMB ocorre uma vocação natural para o desenvolvimento do transporte aquaviário, como já é de costume na Região Amazônica.

Abrir novos mercados e evoluir na questão regulamentar do transporte hidroviário são pontos críticos da região. Propõe-se neste projeto melhoras no nível de serviço da navegação, enfocado no projeto da embarcação, pois o transporte fluvial em Belém tem um cunho econômico e social pouco conhecido, porém muito significativo para a vida de centenas de pessoas que habitam as ilhas e que usam a embarcação como único meio de transporte para atividades escolares, de saúde e econômicas.

Para adequar os padrões regionais, com o horizonte no transporte urbano de passageiros utilizados em grande parte do mundo, procuraram-se desenvolver o projeto da seguinte forma:

- Levantar pesquisas mais atuais de modelos de previsão de demanda, bem como pesquisas de origem e destino (POD), embarque e desembarque (PED) e preferência declarada (PPD) para obter a capacidade de passageiros e potenciais de utilização do transporte das embarcações.
- Investigar os parâmetros que determinaram o projeto, tais como: custo do transporte, restrições de via, potência efetiva e velocidade de serviço.
- Realizar entrevistas com operadores /armadores e passageiros do transporte fluvial para obter os padrões operacionais e de viagens além de registros dos tipos de embarcações utilizadas nas linhas já existentes.
- Levantar dados de embarcações semelhantes junto às autoridades marítimas de Belém, estaleiros, carpintarias navais e sociedades classificadoras.

A partir dos resultados obtidos foram efetuadas análises, levando-se em consideração custos da embarcação e o serviço que ira prestar, avaliando um projeto mais condizente as peculiaridades deste serviço na RMB.

2 – Condições Atuais do Tráfego e Transporte

Para a realização das entrevistas para obter padrões de operacionais do transporte fluvial de Belém foi necessário um estudo preliminar das condições atuais do tráfego e transporte na cidade. Utilizou-se o estudo feito em 2001 intitulado Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana de Belém ou PDTU/2001 que diagnosticou a situação dos sistemas de transporte, de circulação e viário da RMB, principalmente o de ônibus. Neste período foram identificadas informações como densidade demográfica por bairro, o volume de pessoas que se deslocam e de onde para onde.

Em virtude da potencialidade para futuros terminais de integração, barco-ônibus, foi observado o volume de passageiros/hora na Rodovia Augusto Montenegro de 11.700. Esta é principal via de ligação, juntamente com a Rodovia Arthur Bernardes, do Distrito de Icoaraci e a Ilha de Outeiro, regiões periféricas mais que possuem alto potencial para implantação de terminais de integração.

Outro estudo de grande importância para a elaboração do projeto da embarcação foi a investigação POD/PED e PPD (2009) realizada pela equipe técnica do projeto de pesquisa intitulado “Estudo de Demanda Potencial e Formação de Rede Rodofluvial na Região Metropolitana de Belém” ou D-Fluvial, o qual identificou, entre outros dados importantes, o intervalo médio de 30 minutos de duração de viagens, os horários de ocupação crítica (ônibus) e comportamento atual do usuário em relação a proposta de um novo serviço de transporte, tais como tarifas e tempo de viagem. Para tal foi necessário divisão da região de interesse em áreas de planejamento do estudo.

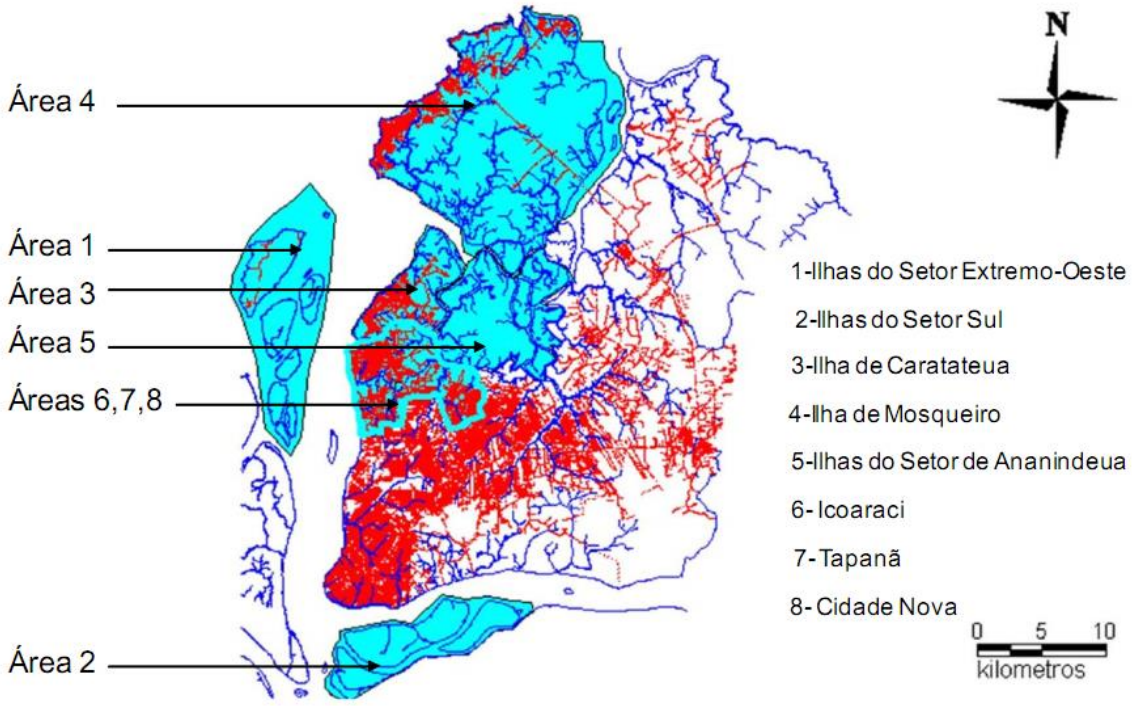


Figura 03 - Áreas de Planejamento – D-FLUVIAL/2009

A partir dos dados obtidos da pesquisa do deslocamento de pessoas (POD/PED), do local de origem ao local de destino, foi possível mensurar o volume de passageiros que se deslocam em Belém durante o dia.

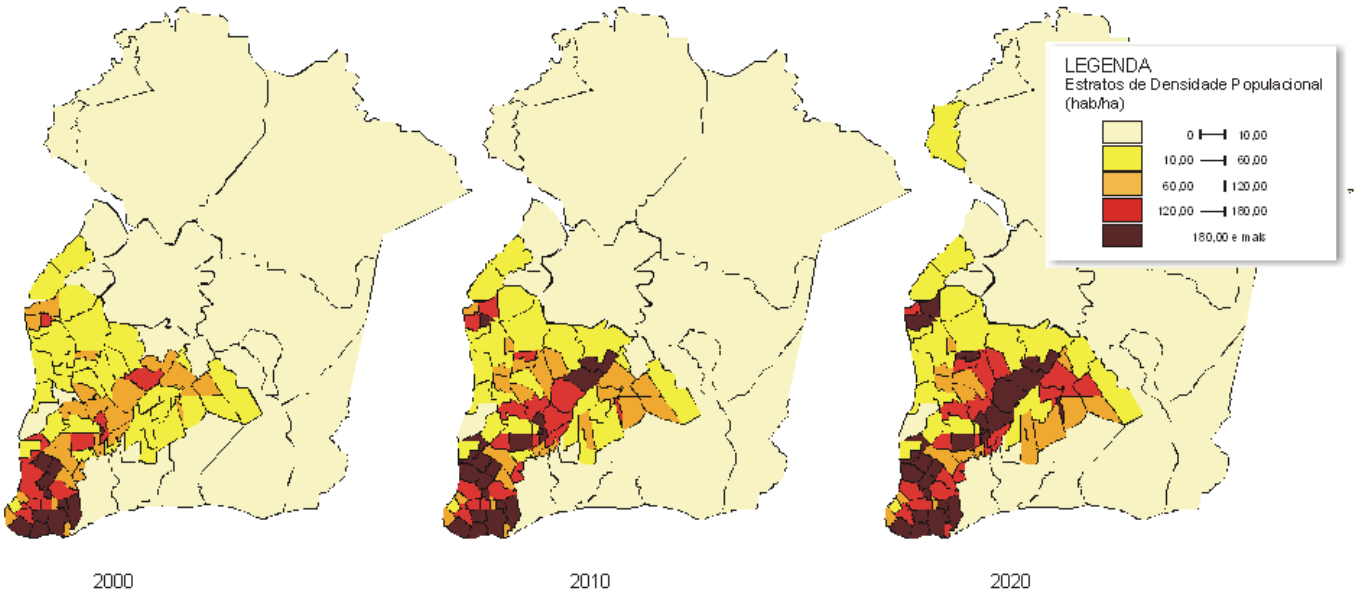


Figura 04 – Densidade Populacional (hab./ha) - 2000, 2010 e 2020 – PDTU/2001

A última figura confirma a necessidade da existência de mais de um tipo de transporte público na Região Metropolitana de Belém (RMB). Os números de habitantes nas regiões periféricas da cidade estão com taxas de crescimento aceleradas em relação ao do desenvolvimento do transporte em Belém.

Por outro lado os transportes fluviais na RMB, utilizados de forma insipiente, não apresentam os níveis de serviços adequados para atender, mesmo que de maneira complementar o transporte rodoviário da cidade. Os atracadouros das embarcações, de Belém (insular e continental), apesar de não poderem ser considerados terminais, pois não fornecem arranjos especiais para facilitar a transferência entre os modos rodo-fluvial, procuram atender o embarque e desembarque de pessoas e cargas. Pode-se dizer que as grandes concentrações destes atracadouros na orla de Belém continental se localizam principalmente na Av. Bernardo Sayão, no bairro da Cidade Velha, ao longo da Rodovia Arthur Bernardes e Icoaraci, enquanto que na Belém insular a existência ou não de um atracadouro vai depender da ocupação por habitantes das ilhas.

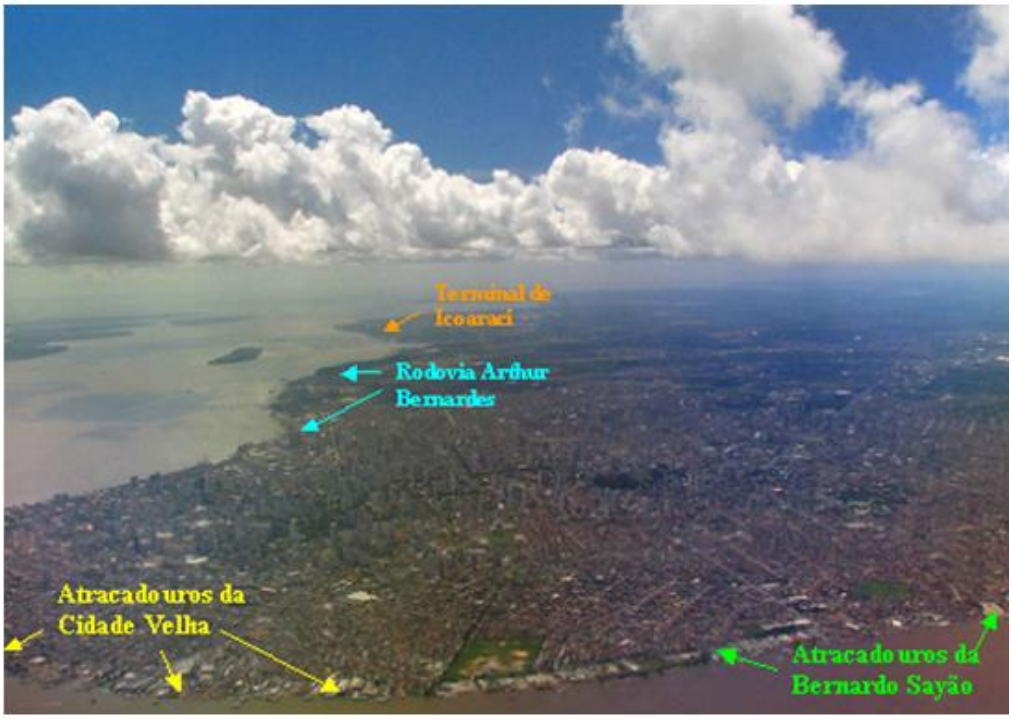


Figura 06 - Belém Continental e a localização dos atracadouros

3 – Previsão de Demanda e Capacidade de Passageiros por Embarcação.

Quando se fala de demanda do serviço faz-se necessário uma breve descrição da forma de operação do serviço do transporte fluvial ao longo da orla de Belém continental. Sabe-se, porém, de antemão que poucas informações existem sobre o mercado e sua estruturação, pois o mesmo apresenta uma oferta historicamente espontânea, desregulamentada e sem controle de demanda e serviço uma vez que as viagens são condicionadas na realidade, à lotação das embarcações. No caso dos passageiros das ilhas, que ficam no trajeto, quase sempre são os mais prejudicados, ficando inúmeras vezes privados de viajar. É comum, quando a lotação não está completa, os passageiros cobrirem o custo da viagem, a fim de atenderem seus interesses. Observa-se, ainda, que os barqueiros possuem certo domínio com relação ao transporte fluvial, deixando a população das ilhas cativa da operação realizada pelos mesmos. Tal fato compromete o nível de serviço ofertado.

Para apurar o potencial de demanda existente nas linhas analisadas, levaram-se em consideração duas pesquisas: contagem de passageiros que embarcam diariamente nos principais atracadouros de Belém (2008) e o modelo de previsão de demanda elaborado pelo projeto D-Fluvial (2009). A primeira pesquisa foi realizada nos principais atracadouros que recebem os passageiros provenientes das ilhas de Belém. Contou-se o número de passageiros que embarcavam e desembarcavam ao longo do dia anotando o horário e o local de origem e destino, durante o mês julho, o de maior movimento de passageiros, buscou-se desenhar o perfil do fluxo de passageiros e o número máximo de passageiro por minuto.

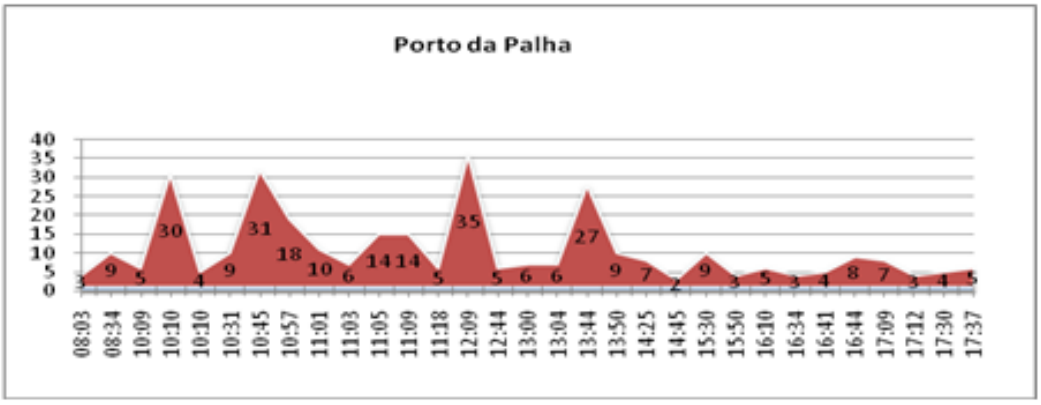


Gráfico 01 – Amostra de Contagem realizada no atracadouro Porto da Palha, Belém

O modelo de previsão de demanda do projeto D-Fluvial leva em consideração as pesquisas POD/PED e PPD realizadas e trabalha com modelos estatísticos determinísticos o qual geram gráficos mostrando a variação da receita (Verde) porcentagem de passageiros usuários do novo projeto de "metrô-fluvial" (Azul) caso ocorra variação de tarifa e tempo de viagem.

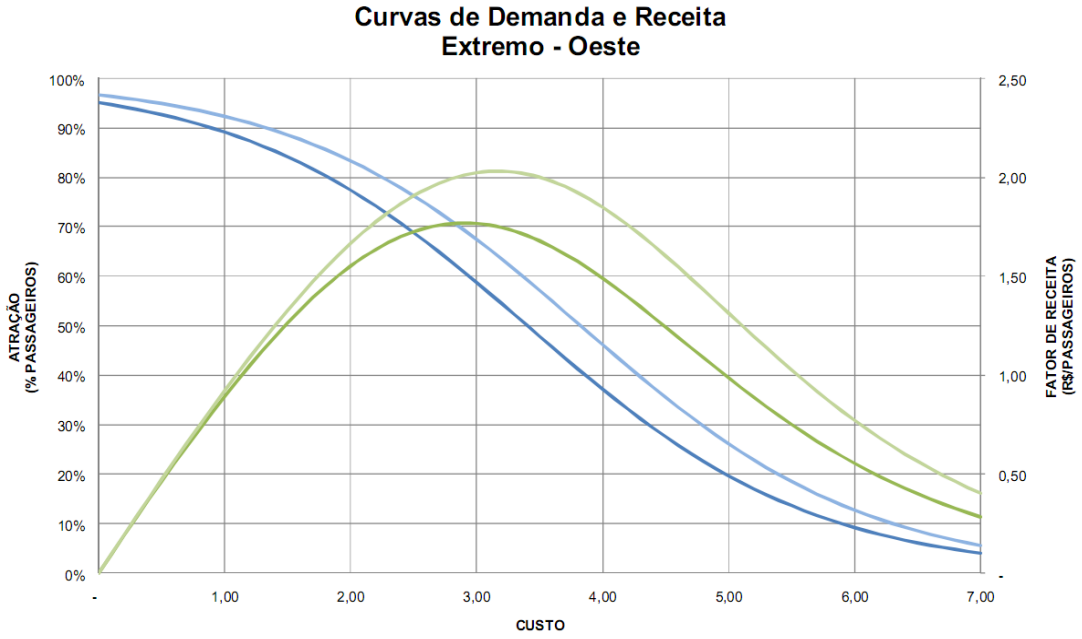


Gráfico 02 – Amostra de demanda e receita em função do custo percebido

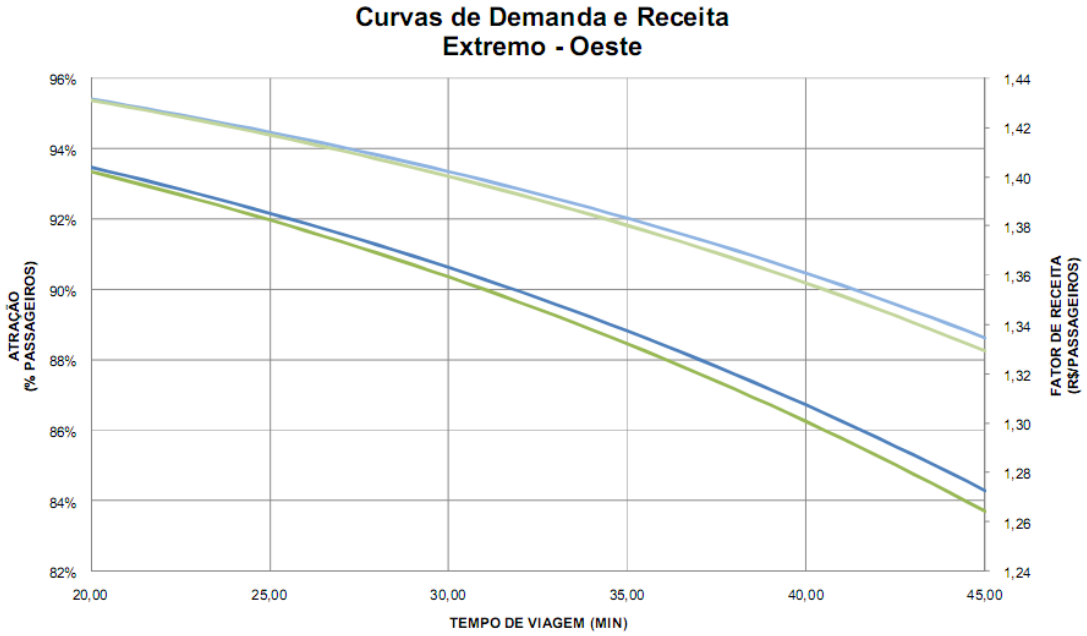


Gráfico 03 – Amostra de demanda e receita em função do tempo de viagem

Após as análises para cada rota e verificando o número de viagens que é feito no tempo entre 30 e 45 minutos, duração média de viagem para uma embarcação que opera a 12 nós, verificou-se uma capacidade média de 150 passageiros na embarcação.

4 – Ambiente do Transporte: rotas e restrições de via

A travessia consiste em transportar a população que vive nas ilhas de Belém até terminais de passageiros interligados entre si através de uma linha costeira levando-os as principais áreas de comércio e lazer da cidade de Belém.

A localização dos terminais de passageiros de acordo com o projeto está em função da infraestrutura existente nestes locais. Alguns terminais passarão a não existir na Zona Sul de Belém em função da obra intitulada "Portal da Amazônia" por parte da prefeitura de Belém, o qual consiste na construção de uma orla ao longo da Rodovia Bernardo Sayão. Esta obra prevê a construção de novos terminais adequados ao transporte que é realizado atualmente, carga e passageiro.

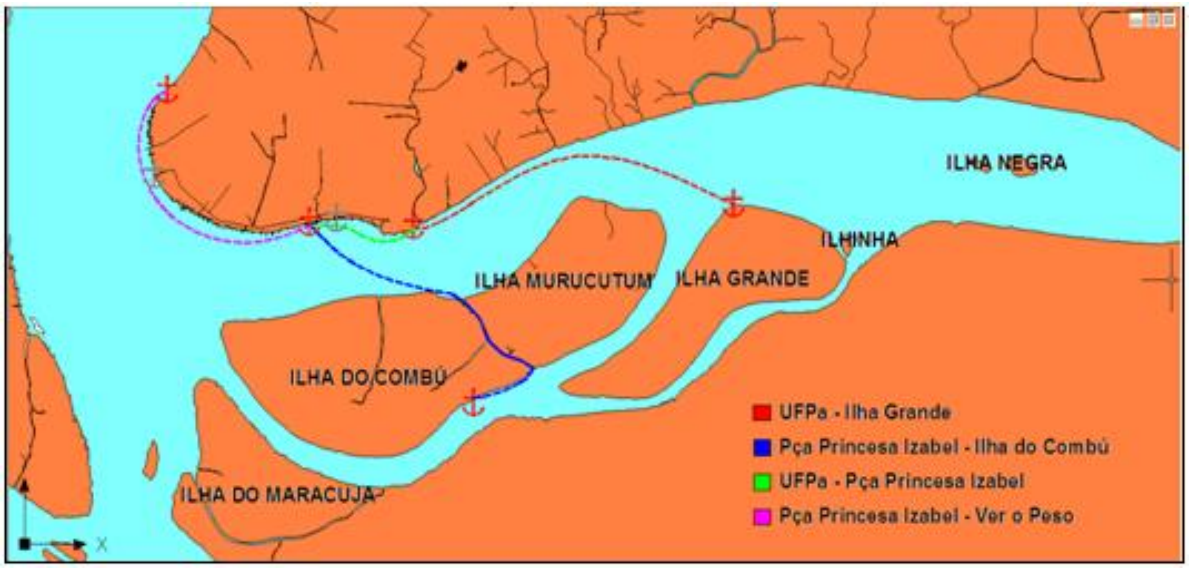


Figura 07 – Linhas da Zona Sul de Belém

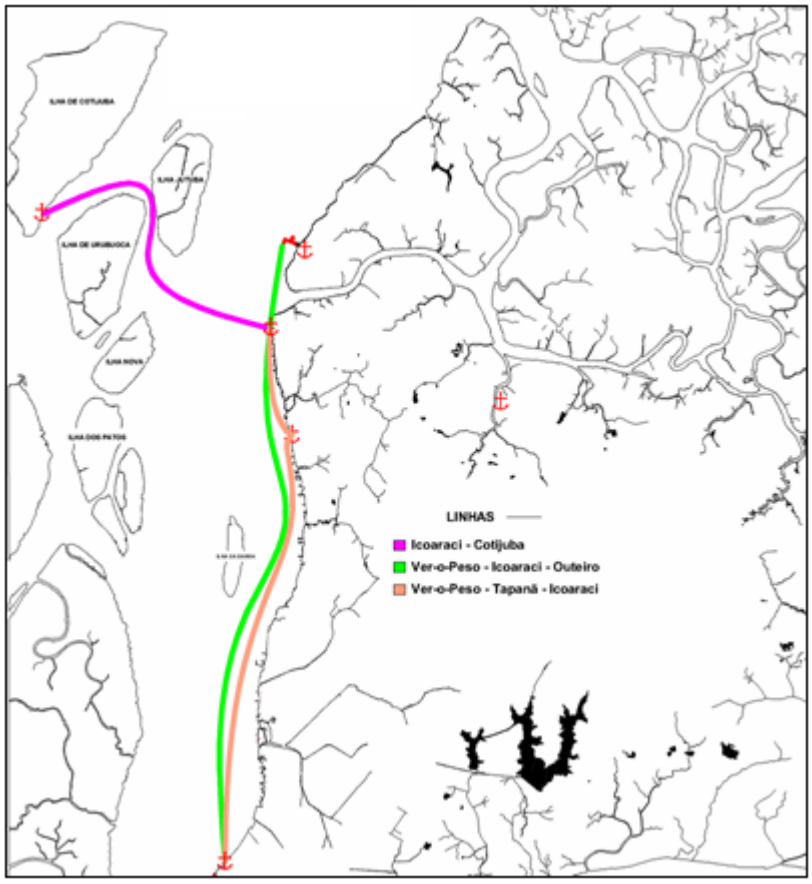


Figura 08 – Linhas do Extremo Oeste de Belém

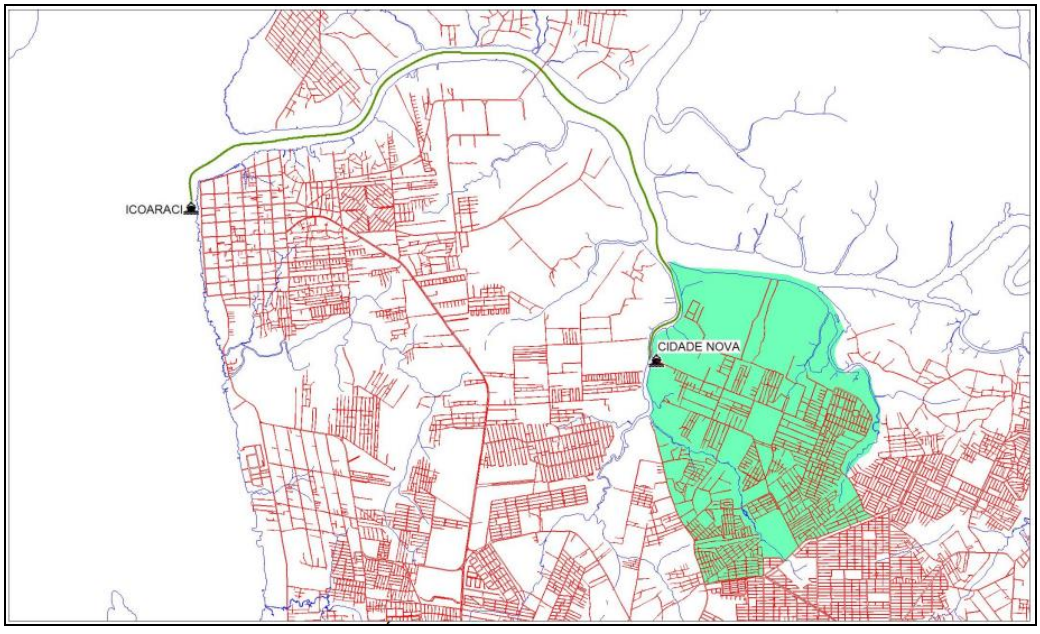


Figura 08 – Linha Icoaraci - Cidade Nova na Zona Norte

As restrições das vias navegáveis utilizadas para realizar o transporte fluvial de travessia e navegação costeiras estão relacionados principalmente as correntezas e presença de ondas na nas linhas que passam pela Baia do Gajará e nas linhas do Rio Guamá, Zona Sul com relação a profundidade da via, pois de acordo com carta náutica, as profundidades encontradas são superiores a 6 m, exceto quando se aproxima do litoral da cidade de Belém quando as mesmas ficam mais restritivas. Outro ponto crítico em relação as restrições desta via é o furo do sossego localizado entre a ilha do Combú e a do Murucutum, este possuí 9 m de largura no ponto mais estreito e 1,5 m a 2 m de profundidade, porém o Raio de Curvatura é suave.

5 – Realizações das Entrevistas de Preferência

As entrevistas realizadas no período de 01/03/2008 a 01/06/2008 obtiveram padrões operacionais e de viagens do transporte fluvial já realizado a partir de Belém. As entrevistas foram feitas em duas etapas:

- Entrevista com os Passageiros: buscou informações de preferência quanto ao tipo de embarcação que a população gostaria de usufruir e os pontos positivos e negativos das existentes.
- Entrevista com os Operadores/ Armadores: buscou obter os padrões já realizados na região.

As entrevistas foram aplicadas nos principais e mais movimentados atracadouros e terminais de passageiros, procurando atender toda a orla de Belém do Rio Guamá até próximo ao Furo do Maguarí, os dois extremos da cidade. No período também se pesquisou as rotas mais comuns feitas pelos “barqueiros”, assim chamados os operadores e armadores na região. A partir das informações, realizou-se um pré-mapeamento das linhas de transporte fluvial em Belém, atendendo a população da parte insular da cidade e complementando o transporte de ônibus existente. O pré-mapeamento das linhas de transporte fluvial da RMB foi dividido em áreas de atuação, estas interligadas por linhas troncais.

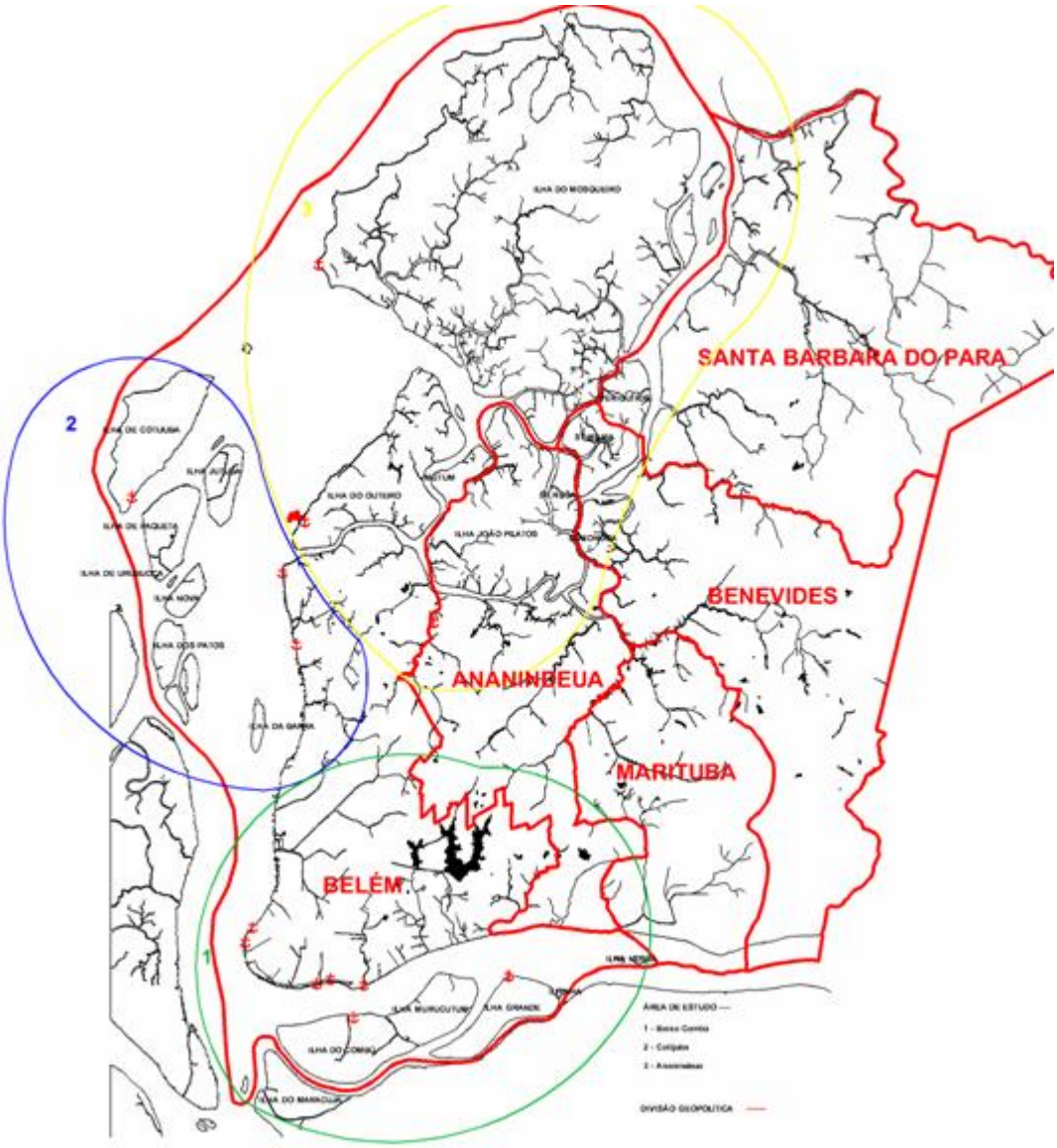


Figura 09 – Divisão das áreas de atendimento das embarcações e das cidades de influencia.

As entrevistas foram realizadas e separadas por área de atuação das linhas:

- Área Sul (Verde): Porto da Palha
- Área Oeste (Azul): Terminal do Arapari, Terminal do Jarumã e Ver-o-Peso.
- Área Norte (Amarelo): Terminal de Icoaraci

6 – Análises dos dados obtidos

6.1 – Entrevista com os Passageiros

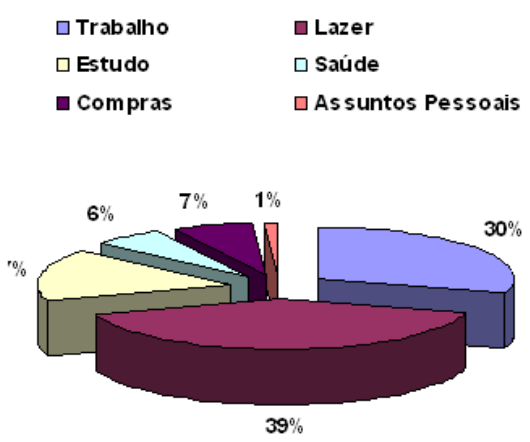
Foram realizadas 150 entrevistas com passageiros avaliando o grau de satisfação, as mudanças que estes gostariam de fazer na embarcação, os motivos da viagem os tipos de bagagens transportadas e qual seria a melhor alocação das bagagens dos mesmos. Os atracadouros apresentaram peculiaridades em relação uns aos outros, facilitando a observação e análise de diferentes pontos de vista de cada área de estudo.

Os portos que apresentavam menos infra-estrutura para atender passageiros, principalmente os que são centros receptores de mercadorias, como hortifrutigranjeiros (açaí, cupuaçu, manga, farinha, banana e etc.), madeira e pescados, oriundos da região das ilhas próximas e pequenas localidades – que também compõem a RMB. Caso do Porto da Palha, Ver-o-Peso e Terminal de Icoaraci, apontaram como principais pontos negativos o conforto durante as viagens, em segundo o tempo de viagem e em terceiro a segurança da embarcação.

Os portos como o Porto da Palha e o do Ver o Peso foram os que apresentaram mais reclamações quanto aos itens apresentados (Conforto, segurança, espaço e velocidade), mesmo porque são atracadouros que não apresentam linhas regulares. As embarcações que neles freqüentam são de pequeno porte (de até 12 metros de comprimento e apenas 2 a 3 metros de boca) e típicas para viagens de pequenas distâncias, a maior parte da movimentação de passageiros não tem caráter lucrativo para os proprietários de embarcações e sim familiar, o maior fluxo de carga é entrando em Belém.

Já os terminais do Araparí e do Jarumã no Bairro da Cidade Velha que apresentam uma infraestrutura exclusiva para passageiros, com embarcações de alumínio e assentos estofados, apresentaram menos reclamações quanto ao conforto e espaço porem existe reclamações em relação à segurança e a velocidade da embarcação. Os passageiros reclamam da segurança durante a viagem em relação também a qualificação e educação do condutor e o restante da tripulação que não apresentam educação para atender os passageiros durante a viagem.

No Terminal de Icoaraci 70,6% dos passageiros entrevistados (40) avaliaram o requisito conforto como “ruim” no Terminal do Jarumã (30) 80% consideraram o mesmo como “bom”, ou seja, os resultados não podem ser analisados através de uma média.



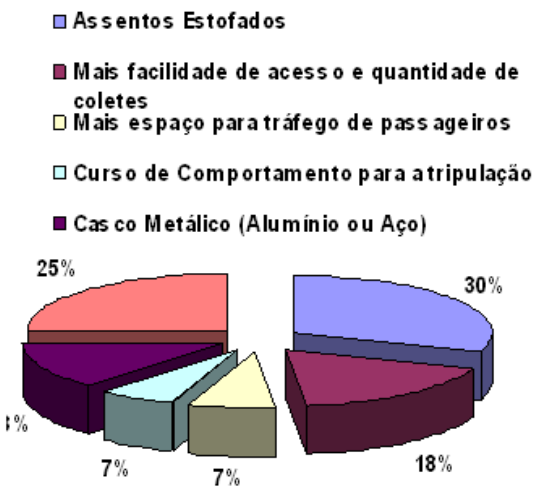


Gráfico 04 - Motivo(s) da Viagem.

Gráfico 05- Mudanças propostas

Percebe-se a partir do gráfico que a maior parte das pessoas que utilizam o transporte fluvial na RMB usam por motivos de lazer e trabalho, e também boa parte dos passageiros usam por motivo de estudo, principalmente nos Terminais Araparí e Jarumã na área de estudo oeste. A principal mudança proposta pelos 150 passageiros entrevistados nas 3 áreas de estudo foi em relação ao conforto e a segurança na embarcação.

Dos entrevistados 56% gostariam que suas bagagens fossem alocadas em espaços reservados na embarcação, desde que houvesse segurança, e a bagagem de mão (bolsas, mochilas e etc.) ficassem consigo. Os tipos de bagagens mais transportadas por passageiros das embarcações são objetos pessoais e vestuários, ou seja, cargas de baixo peso agregado e de fácil acomodação.

6 – Projeto da Embarcação

Todas as informações colidas a partir das entrevistas foram de extrema importância para a elaboração de um projeto condizente aos requisitos de custos e benefícios a população e aos operadores do transporte fluvial na RMB. As embarcações que operam na RMB, em função de características históricas e de conveniência, são tipicamente de madeira e construídas de forma artesanal, sem nenhum estudo técnico-científico e sem projeto, construídas apenas com base na experiência e arte dos “carpinteiros navais” ou “mestres carpinteiros navais”, assim conhecidos.

Objetivando atender a população sem, contudo, alterar drasticamente a realidade local desenvolveu-se dois projetos distintos de embarcações: um monocasco de madeira tipicamente regional e um catamarã de alumínio. A intenção de adotar o monocasco regional é de, além de manter a identidade das embarcações que operam atualmente neste tipo de transporte, atender de maneira confortável e segura o transporte nas áreas de navegação abrigada, como no Rio Guamá, Rio Maguarí e furos. O catamarã foi idealizado como uma forma de ter um maior aproveitamento de espaço de convés no trecho de navegação compreendido entre as ilhas de influência da Baia do Guajará, pois nessa a área a demanda pelo transporte é maior, bem como a velocidade de serviço devido às longas viagens. Desta forma, de acordo com a investigação de embarcações semelhantes, as embarcações possuem as seguintes dimensões e características:

Monocasco Regional:

- Comprimento Total (L): 24,8m
- Comprimento Entre Perpendiculares (Lpp): 23,07m
- Boca moldada (B): 5,4m
- Calado Leve (D): 0,8m
- Pontal (H): 2,0m
- EHP: 212HP
- Capacidade de Passageiros: 150
- Velocidade de cruzeiro: 12 nós

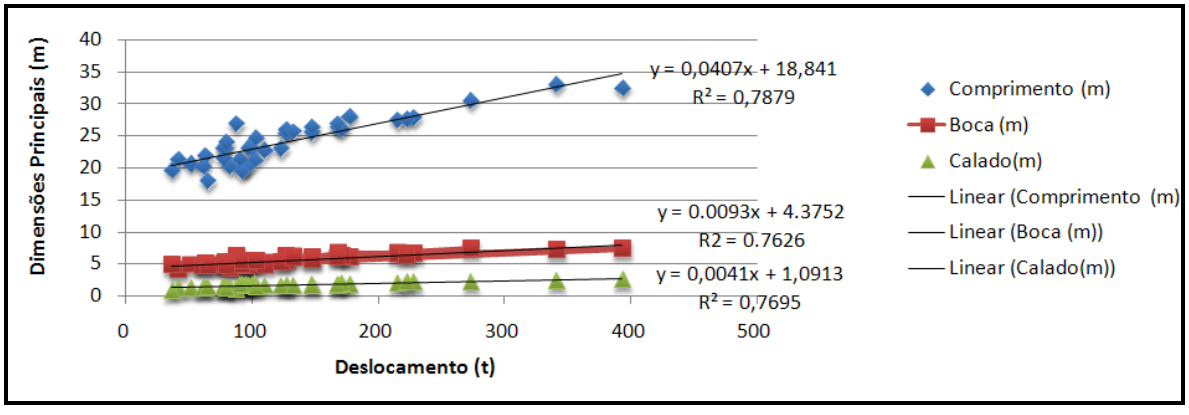


Gráfico 06 – Amostra de Embarcações Regionais Semelhantes (ΔTotal x Dimensões)

Catamarã de Alumínio:

- Comprimento Total (L): 36,8m
- Comprimento Entre Perpendiculares (Lpp): 35m
- Boca moldada (B): 10,5m
- Calado Leve (D): 1,35m
- Pontal (H): 2,35m
- EHP: 500HP
- Capacidade de Passageiros: 200
- Velocidade de cruzeiro: 20 nós

8 – Conclusões e considerações

Neste trabalho objetivou-se elaborar um projeto preliminar para atender o transporte urbano-fluvial da Região Metropolitana de Belém, ou RMB, proposta do projeto D-Fluvial. A partir das expectativas dos passageiros foi possível desenvolver o arranjo da embarcação proposta por este trabalho. Porém, antes de qualquer conclusão ou mesmo iniciar uma segunda etapa do desenvolvimento do projeto, é de extrema importância que se leve em consideração quesitos de segurança. As pesquisas realizadas nos terminais traduziram a realidade tecnológica / cultural do transporte existente, mostrando deficiências e soluções do transporte fluvial. No entanto o objetivo deste trabalho não é de eliminar as raízes culturais existentes neste tipo de transporte e sim ressaltar as qualidades e solucionar os problemas encontrados.

Referências

1 – PDTU, Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana de Belém – PDTU/2001

2 - MORAES, H. B. Um caso de aplicação de Catamarãs na região Amazônica. 348f. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2001 p

5 – D-FLUVIAL / FIDESA, Sistematização do Modelo de previsão de demanda, Projeto de Pesquisa. Belém, 2009.

GUÍA DE BUENOS HÁBITOS AMBIENTALES EN SOLDADURA

CARLOS MATUS PARRA

ARMADA DE CHILE

ARSENAL NAVAL TALCAHUANO, AVENIDA JORGE MONTT S/N

BASE NAVAL TALCAHUANO

cmatus@armada.cl

carlosmatus@udec.cl

Resumen:
En la actualidad la Salud Ocupacional, la Seguridad Industrial y la protección del medio ambiente en las empresas y en las industrias en general son aspectos que han sido, en algunos casos, relegados durante mucho tiempo e incluso colocados fuera de la cadena productiva a lo largo de los años. Esta realidad se hace evidente a través de las noticias que registran los medios de prensa sobre accidentes e incidentes de seguridad en donde los trabajadores y las propias empresas en general son víctimas de una falta de "Enfoque Proactivo" hacia la Seguridad y el Medio Ambiente. Para revertir esta situación se requiere una ardua labor de concientización, educación y capacitación orientada a cambiar costumbres de trabajo y proponer nuevas soluciones con el fin de avanzar poco a poco hacia la generación de una "Conciencia de Seguridad y Medio Ambiente", ya que es precisamente este elemento, lo que se requiere para reducir los accidentes e incidentes, así como para lograr una gestión eficiente del manejo sostenible del Medio Ambiente. Hoy en día las pequeñas, medianas, grandes empresas y sobre todo los Astilleros Constructores y Reparadores deben demostrar a la comunidad que sus procesos y productos finales son cada día más amigables con el Medio Ambiente. Es por eso que se deben lograr despertar, crear y engendrar dentro de los trabajadores esta "Conciencia de Seguridad y Medio Ambiente" se requiere una agresiva y proactiva GESTION DE RIESGOS la cual se inicia con esta guía, dirigida a todas las personas que se relacionan con las actividades productivas.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la Salud Ocupacional, la Seguridad Industrial y la protección del medio ambiente en las empresas y la industria en general son aspectos que han sido, en algunos casos, relegados durante mucho tiempo e incluso colocados fuera de la cadena productiva a lo largo de los años.

Esta realidad se hace evidente a través de las noticias que registran los medios de prensa sobre accidentes e incidentes de seguridad en los que trabajadores el medio ambiente y las propias empresas en general son víctimas de una falta de "Enfoque Proactivo" hacia la Seguridad. Este enfoque proactivo hacia la seguridad es necesario para introducir oportunamente y en forma efectiva acciones preventivas que permitan generar una "Conciencia de Seguridad y de respeto al Medio Ambiente" con la finalidad de crear una plataforma para la realización del trabajo en forma segura y eficiente.

Esta es una realidad de las empresas en general, donde existe una permanente "convivencia" de los trabajadores con riesgos elevados, riesgos de caídas de altura, riesgos mecánicos y en general una variedad de riesgos resultantes de la operación de sistemas eléctricos entre otras.

Para revertir esta situación se requiere una ardua labor de concientización y capacitación orientada a cambiar costumbres de trabajo y proponer nuevas soluciones de forma de avanzar poco a poco hacia la generación de esa Conciencia de Seguridad y Medio Ambiente, ya que es precisamente este elemento, lo que se requiere para alcanzar una reducción de accidentes e incidentes, así como para lograr una gestión eficiente de manejo sostenible del Medio Ambiente.

Para lograr despertar, crear y engendrar dentro de los trabajadores esta Conciencia de Seguridad se requiere una agresiva y proactiva GESTION DE RIESGOS la cual se inicia con esta guía.

Esta guía va dirigido a todas las personas que se relacionan con las actividades del proceso de soldadura en estructuras metálicas, además a cualquier persona interesada.

OBJETIVOS

1. Entregar una guía de buenos hábitos ambientales en la soldadura objeto las PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas) puedan cada día acercarse más a una certificación ISO 14000.

2. Entregar herramientas básicas como conceptos de producción limpia y el por que de los buenos hábitos para despertar la conciencia del cuidado del medio ambiente en los trabajadores.

3. Entregarles un glosario básico de algunos términos ambientales para acercarlos más al lenguaje ambiental.

CONCEPTOS PREVIOS

Es importante considerar que el objetivo es trabajar en un entorno saludable, para lo cual:

1. La minimización de los residuos y de las emisiones al aire y de los vertidos pueden contribuir a la consecuencia de este objetivo.
2. La reducción de los residuos y el ahorro de energía mejoran la eficiencia , ahorran dinero y mejoran la situación competitiva de la empresa.
3. Todos en la empresa pueden contribuir a reducir los residuos y ahorrar energía. No se necesita ser dueño de la empresa o ingeniero.
4. Todo lo que se utiliza en la empresa tiene un impacto sobre el medio ambiente, por lo que un menor uso se traduce en un menor impacto sobre el medio ambiente.
5. Todo lo que se haga en la empresa para reducir los impactos en el medio ambiente se traducirá en un mundo mejor para las generaciones futuras.
6. Nadie sabe mejor que los propios trabajadores como reducir los residuos mejorando el medio ambiente.

Donde se puede ahorrar energía, y como, y para esto solo basta un pequeño análisis del entorno del trabajador:

1. El material y los equipos que se utilizan habitualmente, ¿funcionan correctamente los equipos, son los materiales apropiados, puedo elegir materiales menos peligrosos, etc.?.
2. Los servicios disponibles en el lugar de trabajo, ¿se utiliza bien el agua, calefacción, iluminación, ventilación, etc.?.
3. El puesto de trabajo ¿hay separación de residuos, contenedores para estos, etc.?.

Hay que considerar que se debe trabajar mejor con menos residuos y menos energía ya que todos los equipos pueden despilfarrar materiales y energía. Para minimizar los residuos se debe mantener limpia y ordenada la zona de trabajo, comprobar que los equipos estén ajustados y funcionen correctamente, asegurarse del conocimiento de la tarea encomendada y siempre hay que pensar en la introducción de mejoras, y como norte la "producción + limpia".

a.- Producción + limpia

La Producción + Limpia es una estrategia de gestión empresarial preventiva aplicada a productos, procesos y organización del trabajo, cuyo objetivo principal es minimizar emisiones y/o descargas en la fuente:

- Reduciendo riesgos para la salud humana y el ambiente, y
- Elevando simultáneamente la competitividad de la empresa.

Las opciones de Producción + Limpia, además de ser eficientes desde el punto de vista ambiental, normalmente son de menor costo y/o tienen reducidos períodos de pago de la inversión. En síntesis, son costo-eficientes.

La Producción + Limpia genera una serie de beneficios para las empresas, entre ellos:

- Mejoramiento en procesos y productos y aumento en la eficiencia.
- Disminución de costos de producción por mejor aprovechamiento de recursos y energía.
- Incrementos en la competitividad, debido al uso de nuevas y mejores tecnologías y como elemento de diferenciación en los mercados.
- Acceso a nuevos mercados con restricciones o prohibiciones ambientales.
- Reducción de los riesgos del tratamiento, almacenamiento y disposición de Residuos tóxicos.
- Reducción de costos de los crecientemente caros sistemas de tratamiento y disposición de desechos.
- Mejoramiento de las condiciones de seguridad y salud ocupacional mayor credibilidad ante instituciones financieras y mejores relaciones con la comunidad y las autoridades.

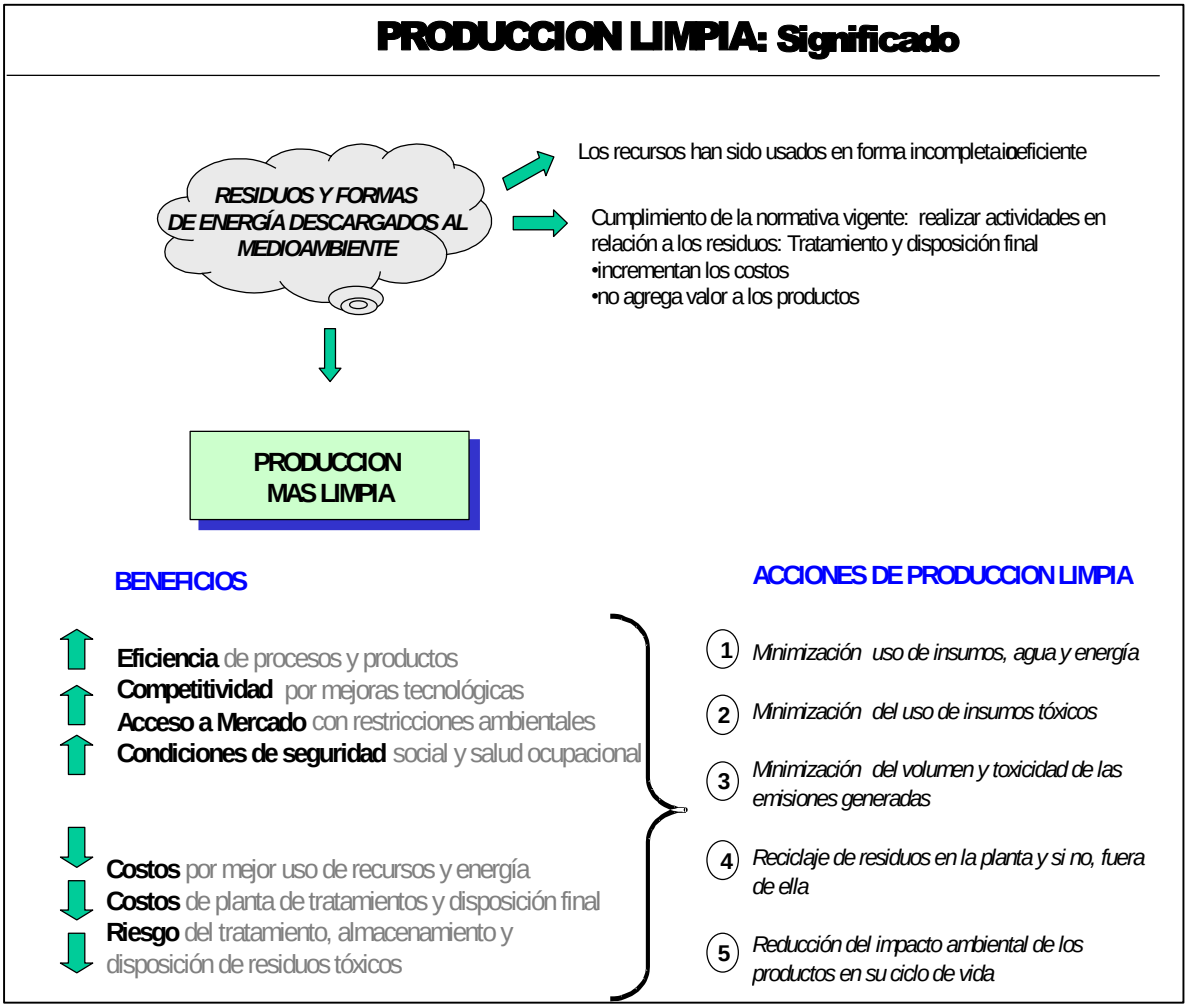


Fig.N°1:Producción limpia.

b.- ¿Qué son los "Buenos hábitos"?

Los "Buenos hábitos" son acciones voluntarias, basadas en el sentido común y que se pueden aplicar con el objetivo de:

- Racionalización del uso de materias primas, agua y energía.
- Reducción del volumen y/o toxicidad de los residuos sólidos, líquidos y emisiones atmosféricas emitidas durante el proceso.
- Rehuso y/o reciclaje de materiales.
- Mejoramiento de las condiciones de trabajo, de la salud y seguridad ocupacional en la empresa.

Además, la minimización de los residuos puede permitir a la empresa:

- Reducir pérdidas de materiales y por lo tanto de los costos operacionales.
- Reducir los niveles de contaminación.
- Mejorar la imagen de la empresa ante los clientes, proveedores, la comunidad y las autoridades.

c.- ¿Qué necesita la empresa para implementar estos "Buenos hábitos"?

Cultura Organizacional	La reducción de los residuos está relacionada al cambio de conducta y creación de una cultura de productividad y de minimización de residuos al interior de la empresa.
Sensibilización al Problema	Es importante despertar la sensibilidad de los empleados respecto al problema e involucrarlos en la identificación de oportunidades y en su aplicación.
Difusión de la Información	El proceso puede ser mejorado asegurando una buena difusión interna de los resultados de la implementación de los "Buenos hábitos de Manejo" al interior de la empresa.
Acciones Simples	La adopción de los "Buenos hábitos de Manejo" no requiere de grandes inversiones en tecnologías más limpias**,** las que podrían ser relativamente caras para las PYMES. El objetivo es el mejoramiento continuo del proceso productivo mediante el uso más racional de los recursos y la optimización de los procesos productivos.

d.- ¿Qué se puede lograr con los “Buenos hábitos” y Cómo?

Con la aplicación de “Buenos hábitos” se puede lograr:

Reducción de Pérdidas/uso de materias primas y otros insumos, a través de:

- Reducción de residuos innecesarios.
- Mantención preventiva.
- Establecimiento de planes y procedimientos de emergencia.

Manejo y control Responsable de los Residuos, a través de:

- Separación de los residuos.
- Reutilización/reciclaje de residuos como materias primas, en otros procesos.
- Disposición de los residuos en forma ambientalmente eficiente y económica.

Manejo y Transporte Racional de Materiales y Productos, a través de:

- Aseguramiento de un adecuado manejo y almacenamiento.
- Establecimiento de un control efectivo de inventario.
- Planificación y optimización de la producción.
- Mantención de registros adecuados.

Ahorro de Energía, a través de:

- Implementación de adecuada aislación.
- Monitoreo del uso de energía.
- Recuperación y reuso de energía.

Ahorro de Agua, a través de:

- Prevención de fugas y derrames de agua.

- Reuso de agua.
- Monitoreo del uso de agua.

e.- ¿Cómo implementar los “Buenos hábitos”?

Los Buenos hábitos se pueden implementar por medio de:

1	Listado de posibles acciones para la identificación de oportunidades de “Buenos hábitos” en la empresa a través de una GUIA.
2	Determinación de responsabilidades para la acciones identificadas a través de una lista de chequeo.
3	Establecimiento de objetivos y metas a través de un programa.
4	Identificación de las áreas prioritarias de acción.
5	Establecimiento de capacitación para los trabajadores.
6	Desarrollo e implementación de los procedimientos requeridos.
7	Seguimiento y evaluación de los resultados, estableciendo nuevas metas.

GLOSARIO DE TERMINOS AMBIENTALES

BIODEGRADABLE : Material capaz de ser asimilado (descompuesto y metabolizado) por el medioambiente gracias a su naturaleza. Se dice de la materia orgánica susceptible de ser descompuesta por medios biológicos.

CALIDAD AMBIENTAL : Conjunto de características del medio ambiente relativas a la calidad de los recursos naturales y a la ausencia o presencia de agentes nocivos de cualquier tipo.

CONCEPTO CICLO DE VIDA : Concepto que incorpora en el diseño del producto, consideraciones ambientales que facilitarán su posterior reutilización o reciclaje.

CONTAMINACION : La presencia en el ambiente de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, en concentraciones y permanencia superiores o inferiores, según corresponda, a las establecidas en la legislación vigente.

CONTAMINANTE : Todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido, o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas; a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental.

CONTROL (AMBIENTAL) : La vigilancia, inspección y aplicación de medidas para la conservación del ambiente o para reducir y/o evitar la contaminación del mismo.

DAÑO AMBIENTAL : Toda pérdida, disminución, detrimento o menoscabo significativo inferido al medio ambiente o a uno, o más de sus componentes.

DECLARACIÓN IMPACTO AMBIENTAL : Documento descriptivo de una actividad o proyecto que se pretende realizar o de las modificaciones que se le introducirán, otorgado bajo juramento por el respectivo titular, cuyo contenido permite al organismo competente evaluar si su impacto ambiental se ajusta a las normas ambientales vigentes.

DESARROLLO SUSTENTABLE : Proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, fundado en medidas apropiadas de conservación y protección del medio ambiente, de manera de no comprometer las expectativas de las generaciones futuras.

DESEMPEÑO AMBIENTAL : Resultados medibles del sistema de gestión ambiental aplicado en las empresas en relación con el control que tiene la organización sobre aspectos ambientales, teniendo en cuenta su política ambiental, objetivos y metas ambientales.

DISPOSICIÓN FINAL : Se define como la actividad de depositación definitiva de los residuos.

DOCUMENTO DE DECLARACIÓN : Formulario debidamente llenado, que acompaña al desecho sólido industrial, desde su punto de generación hasta su destino final.

ECODESARROLLO : Se considera una modalidad del desarrollo económico, que postula la utilización de los recursos para la satisfacción de las necesidades de las actuales y futuras generaciones de la población, mediante la maximización de la eficiencia funcional de los ecosistemas a largo plazo, empleando tecnologías adecuadas a este fin y a la plena

utilización de las potencialidades humanas, dentro de un esquema institucional que permita la participación de la población en las decisiones fundamentales.

ESTABILIZACIÓN : Término general y no específico, que describe una transformación fisico-química a una forma más estable o menos soluble.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL : Documento que describe pormenorizadamente las características de un proyecto o actividad que se pretende llevar a cabo o su modificación. Debe proporcionar antecedentes fundados para la predicción, identificación e interpretación de su impacto ambiental y describir la/las acciones que ejecutará para impedir o minimizar sus efectos significativamente adversos

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL : Procedimiento, a cargo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente o de la Comisión Regional respectiva, en su caso, que, en base a un Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, determina si el impacto ambiental de una actividad o proyecto se ajusta a las normas vigentes.

GENERADOR : Toda persona natural o jurídica (industrial o cualquier establecimiento industrial) que, genere o dé origen a algún desecho sólido industrial, producto de procesos u operaciones industriales.

GESTIÓN AMBIENTAL : Aspectos de la función general administrativa de una organización, incluyendo la planificación que desarrollan, consiguen, implementan y sostienen para el logro de su política y objetivos ambientales.

IMPACTO AMBIENTAL : La alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada.

IMPACTO AMBIENTAL COMPATIBLE : Aquel impacto, cuya reversibilidad es inmediata tras el cese de la actividad, y no precisa prácticas protectoras o correctoras.

IMPACTO DIFUSO : Es aquel cambio que se produce en diferentes puntos del área de influencia de una determinada actividad.

IMPACTO DIRECTO : Aquel impacto que se manifiesta en forma evidente en algún componente ambiental.

IMPACTO RECUPERABLE : Aquel impacto que la alteración puede eliminarse, mediante la acción humana.

IMPORTANCIA DEL IMPACTO : Grado de relevancia de la modificación o cambio producido en el medio ambiente.

INCINERACIÓN : Método para el tratamiento de residuos sólidos, líquidos o gaseosos, que utiliza la descomposición térmica para reducir el volumen y toxicidad de los residuos.

INST. DE REGULACIÓN AMBIENTAL : Herramientas utilizadas para conseguir los objetivos propuestos en la política ambiental. Se distinguen instrumentos de regulación directa como las normativas de regulación indirecta como son los instrumentos de incentivo económico.

MATERIALES RECICLABLES : Son residuos que pueden ser reutilizados o usados como materia prima.

MEJORAMIENTO CONTINUO : Proceso que consiste en perfeccionar el sistema de gestión ambiental para alcanzar mejoras en el desempeño ambiental global de acuerdo con la política ambiental de la organización.

NORMAS DE EMISION **:** Normas que establecen la cantidad máxima permitida para un contaminante medido en el efluente de la fuente emisora

BIBLIOGRAFIA

1.- Sistemas y materiales de soldadura, indura.

2.- Manual de soldadura, oerlikon.

3.- Manual de gases, air liquide.

4.- Soldadura aplicaciones y práctica, henry horwitz,1984.

5.- Datos de seguridad, indura.

6.- www.oerlikon.es

7.- www.indura.cl

8.- www.aga.cl

9.- www.airliquide.es

10.- www.aws.org

11.- www.intec.cl

12.- www.prochile.cl

13.- www.ihobe.es

14.- NCh 1466 - of. 78,

15.- NCh 1467 - of. 78,

16.- NCh 1562 - of. 79,

17.- NCh 1692 - of. 80,

18.- NCh 1805 - of. 80

19.- NCh 1806 - of. 80.

20.- D.S N° 594

21.- OHSA N° 18000

22.- ISO N° 14000

SISTEMA DE CONTROL DE UN MANIPULADOR PARA UN ROV (REMOTELY OPERATED VEHICLE) QUE SIRVA DE APOYO EN ACTIVIDADES DE SALVATAJE

Peter Roberts Olcay; Ingeniero Naval Electricista, Teniente 2º, Armada de Chile, proberts@armada.cl.

RESUMEN

El accesorio que permite a un ROV llevar a cabo distintas tareas de salvataje es un manipulador, el cual será descrito en este trabajo. Definiendo sus componentes con sus principales características y la interacción entre éstos, llegando a un modelo matemático, que describe el comportamiento del manipulador en el medio acuático, a través de los parámetros de Denavit-Hartenberg y las ecuaciones de Newton-Euler.

Se establecerá un sistema de control para el manipulador, dividiéndolo en dos: uno teleoperado y otro automático, los cuales serán analizados en forma independiente.

Para el análisis y simulación de ambos sistemas de control se utilizó el programa Matlab-Simulink 6.5 de Mathworks, el cual fue complementado con dos herramientas diseñadas especialmente para trabajar con robots. Una es la herramienta Robotics Toolbox 7, desarrollada por el Dr. Peter I. Corke de CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation), y la otra herramienta empleada es HEMERO (Herramienta Matlab/Simulink para el Estudio de Manipuladores y Robots móviles), desarrollada por Aníbal Ollero Baturone y J. Iván Maza Alcañiz de la Universidad de Sevilla.

Para la modelación del manipulador, se estableció como base, el modelo de ROV llamado “Kambara”, el cual presenta una baja variación en la posición del robot, lo cual permite despreciar esta variación y plantear la base del manipulador como fija.

Para la implementación del modelo obtenido se construyó un prototipo, el que fue llamado Lipang (que quiere decir brazo en mapudungún), para cuya programación se utilizó el programa Basic Stamp Editor v.2.4 o a través de la herramienta para Matlab desarrollada por Yan-Fang Li, Saul Harari, Hong Wong y Vikram Kapila de la Universidad Politécnica de Brooklyn.

Para el sistema teleoperado del manipulador se utilizó como unidad de entrada un joystick, el cual presenta una rápida adaptación por parte del operador y una buena maniobrabilidad, permitiendo mover el brazo a través de los movimientos de la palanca y el uso de pulsadores.

El sistema automático del manipulador, se definió para poder realizar una única tarea automática: regresar desde una posición aleatoria hacia la posición de transporte. Para esto se definió la posición de transporte y la cinemática inversa del desplazamiento producido en el manipulador, con esto se elaboró un modelo matemático de un generador de trayectorias para cada articulación, el cual determina los puntos que debe recorrer cada articulación para que el manipulador pueda realizar el movimiento deseado con un mínimo de error.

Como algoritmo de control se estableció el modelo dinámico, utilizando una técnica conocida como par computado, la cual consiste en calcular el torque necesario producir en cada articulación para que éstas se muevan de la manera deseada. Para esto se utilizaron como referencia los parámetros físicos del Lipang.

Con el objeto de minimizar el error de posición en cada articulación o error de servo, se utilizaron estrategias clásicas de control. Elaborando dos controladores distintos, un proporcional derivativo (PD) y otro proporcional integral derivativo (PID). Ambos controladores fueron modelados y luego simulados a través de Simulink para poder determinar la mejor alternativa a utilizar en el manipulador.

De acuerdo a los resultados de la simulación, se determinó que la mejor alternativa de control corresponde al controlador PD, para lo cual se programó el microcontrolador de forma tal que responda como un controlador de la forma seleccionada.

El sistema de control completo fue implementado en el Lipang, el cual respondió de forma satisfactoria, presentando errores de posición de menos de un 1%, lo cual indica que el modelo planteado para controlar un manipulador para un ROV es adecuado.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día el empleo de sistemas automáticos o telecontrolados en la ejecución de tareas submarinas se ha hecho algo común y hasta imprescindible en ciertos casos, llevando a un rápido desarrollo de estas tecnologías, permitiendo la ampliación de las fronteras que para el hombre presentaban las profundidades de los océanos.

Estos sistemas, conocidos como AUV (Autonomous Underwater Vehicle, Vehículo Submarino Autónomo) y ROV (Remotedly Operated Vehicle, Vehículo Operado en Remotamente) han permitido al hombre realizar tareas que hasta hace algunos años eran impensadas, como la exploración de las fosas abisales, la inspección y mantenimiento de cañerías y líneas de comunicaciones submarinas o labores de rescate y salvataje como con los submarinos rusos "Kursk" y AS-28, hace algunos años, o más recientemente las labores de búsqueda de los restos del avión Airbus siniestrado frente a las costas de Brasil.

El diseño de estos robots obedece a la tarea específica que se requiere que éstos lleven a cabo, incluyendo elementos como cámaras, sonares y sensores láser, entre otros. Pero sin duda que uno de los accesorios de mayor importancia para un robot submarino es un manipulador, el cual corresponde, según John Craig, a "un brazo mecánico articulado formado de eslabones conectados a través de uniones o articulaciones que permiten un movimiento relativo entre dos eslabones consecutivos".

Los ROV's, al ser sistemas robóticos teleoperados, corresponden al campo de la telerrobótica, una forma más evolucionada de la teleoperación, ya que el mecanismo telecontrolado cuenta con la capacidad de operar autónomamente por un período de tiempo determinado para desarrollar una tarea específica o bien complementando las instrucciones dadas por el operador, lo cual hace que este mecanismo sea considerado un robot.

El objetivo de este trabajo es elaborar un modelo de sistema de control teleoperado de un brazo robótico para ser implementado en un ROV, el cual le permita ejecutar tareas de salvataje. Para esto, en base a tres tareas principales, se describirán las características que deba poseer el brazo, como cantidad y tipo de articulaciones y cantidad de grados de libertad, entre otros, para finalmente describir el método de control a utilizar y elaborar su diseño.

CAPÍTULO I
EL MANIPULADOR ROBÓTICO

Para el desarrollo de este trabajo, el manipulador utilizado obedecerá a uno especializado donde su diseño corresponde al dominio de las tareas a realizar las cuales serán: recuperar un objeto, portar y engrilletar una guía.

El manipulador contará con tres articulaciones, una de tipo esférica de dos grados de libertad para la base y dos angulares, de un grado de libertad cada una, para el "codo" y la "muñeca". Teniendo finalmente, el manipulador un total de cuatro grados de libertad. Además, el efector final del brazo será de tipo pinza, la cual pueda abrir y cerrar.

El manipulador poseerá dos eslabones, los que unen las articulaciones y el efector final. Su diseño variará de acuerdo a los esfuerzos a los que estarán sometidos y los elementos que deberán soportar (circuitos de lubricación, sistema de transmisión, entre otros).

Los actuadores seleccionados para el prototipo fueron motores eléctricos, dada su facilidad de control. Éstos fueron instalados directamente en los ejes de cada articulación, lo que se conoce como control directo.

Los grados de libertad y la estructura del manipulador, determinan su espacio de trabajo, que corresponde al conjunto de puntos en los cuales puede situarse el efector final.

Finalmente, para permitir la interacción del manipulador con el medio, el robot debe contar con sensores, los que se pueden agrupar en dos sistemas:

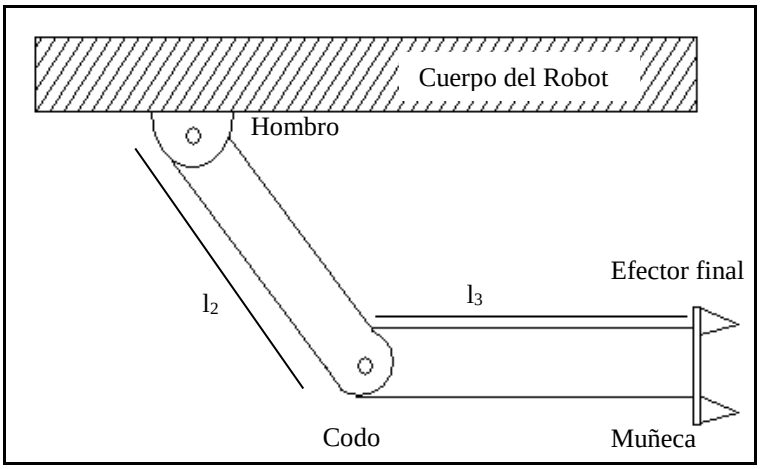


Figura 1-1: Esquema de las principales partes del brazo.

Sistema de detección de posición: Sus sensores envían información de posicionamiento relativo entre los vínculos al sistema de control.

Sistema de detección de fuerza: Utiliza indicadores de tensión los que permiten controlar la interacción entre el manipulador y el entorno midiendo las fuerzas y momentos producidos durante el desarrollo de la tarea especificada.

1.1. CINEMÁTICA DEL MANIPULADOR

Para el estudio de la cinemática se aplicará la notación de Denavit-Hartenberg, para lo cual se descompone la articulación esférica en dos angulares, quedando el manipulador con cuatro articulaciones angulares de un grado de libertad cada una. A cada una se asigna una trama, las que se enumeran, desde el 0, o base del brazo, hasta la 4, que será el efector final.

Para cada trama se deben determinar los parámetros de vínculo: longitud (a_i), torsión (α_i), desplazamiento (d_i) y ángulo de articulación (θ_i). Como todas las articulaciones del modelo son angulares, θ_i es llamada variable de articulación y las otras tres cantidades son los parámetros de vínculo fijos. Con estos parámetros se puede definir la ubicación espacial de cada vínculo relativo a los demás, para lo cual se deben establecer las transformadas que relacionan a los vínculos entre sí.

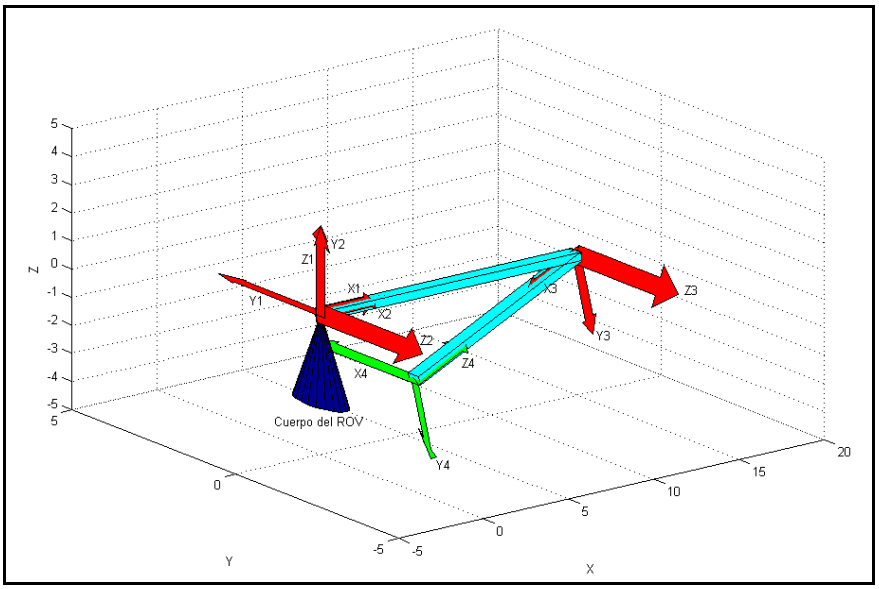


Figura 1-2: Esquema de tramas de referencia del manipulador y su orientación.

Tabla 1.1: Parámetros de Denavit-Hartenberg.

I	α_{i-1}	a_{i-1}	d_i	θ_i
1	0º	0	0	θ_1
2	90º	0	0	θ_2
3	0º	l_2	0	θ_3
4	-90º	l_3	0	θ_4

La forma general de la transformada espacial entre vínculos sucesivos es:

$$ {}^{i-1}_{i}T = \begin{bmatrix} Cos(\theta_i) & -Sen(\theta_i) & 0 & a_{i-1} \\ Sen(\theta_i)\cdot Cos(\alpha_{i-1}) & Cos(\theta_i)\cdot Cos(\alpha_{i-1}) & -Sen(\alpha_{i-1}) & -Sen(\alpha_{i-1})\cdot d_i \\ Sen(\theta_i)\cdot Sen(\alpha_{i-1}) & Cos(\theta_i)\cdot Sen(\alpha_{i-1}) & Cos(\alpha_{i-1}) & Cos(\alpha_{i-1})\cdot d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1\text{-}1) $$

Reemplazando las variables para los distintos valores de i=0,1,2,3,4; se obtienen las transformadas espaciales para cada vínculo, las que establecen la relación entre dos tramas sucesivas, indicando su rotación y traslación. Con éstas, es posible determinar la posición de cualquier vínculo del manipulador en relación a otro, al concatenar las matrices de transformación, cuyo producto será una matriz cuadrada de orden 4 de la siguiente forma:

$$ {}^{0}_{4}T = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & p_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & p_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1\text{-}2) $$

Esta matriz define la cinemática del manipulador y, por lo tanto, especifica la ubicación de la muñeca del manipulador en relación a su base. Las componentes *r*, forman una matriz de rotación que indica la orientación de {4} con respecto al origen {0}, mientras que las componentes *p*, forman un vector que indica la posición del origen de {4} con respecto a la Base. Éstas son las ecuaciones básicas para el análisis cinemático del manipulador, donde las variables consisten en los ángulos de articulación θ_1, θ_2, θ_3 y θ_4.

1.2. CINEMÁTICA INVERSA DEL MANIPULADOR

Corresponde a los cálculos efectuados por el robot para determinar las variables de articulación para alcanzar una determinada posición cuyo resultado es un conjunto de ángulos.

Para determinar las soluciones de la cinemática inversa se utilizará la forma cerrada (analítica) de solución. Ésta está basada en expresiones analíticas o polinomios de cuarto grado o superiores que son determinados igualando la trama objetivo y la del efector final, estableciendo las ecuaciones y resolviendo para cada variable.

1.3. MOVIMIENTO DE LOS VÍNCULOS DEL MANIPULADOR

Cada vínculo en movimiento cuenta con velocidad lineal v_i (velocidad del origen de la trama {i}) y velocidad angular ω_i (velocidad rotacional de la trama {i}), las que están definidas por la velocidad, lineal y angular, del vínculo anterior {i-1} más los componentes del vínculo en cuestión {i}. Estos vectores, apilados, forman el vector de velocidad cartesiana.

1.4. DINÁMICA DEL MANIPULADOR

El modelo general de la dinámica de un manipulador de *n* grados de libertad está determinado por la siguiente expresión:

$$\tau = M(\Theta)\ddot{\Theta} + G(\Theta) + F(\dot{\Theta}) + V(\Theta, \dot{\Theta}), \text{ donde} \qquad (1\text{-}3)$$

τ: Torque ejercido por los actuadores de cada articulación. Vector de orden n x 1.

Θ: Vector de variables articulares.

M(Θ): Matriz de masas del manipulador, de orden n x n, simétrica y positiva.

G(Θ): Torque producido por la acción de la fuerza de gravedad y de boyantez.

F($\dot{\Theta}$): Torque producido por la fricción entre vínculos y con el agua.

V($\Theta, \dot{\Theta}$): Torque debido a las fuerzas centrífugas y de Coriolis.

Este análisis dinámico está basado en la segunda ley de Newton y la ecuación de inercia de Euler. Para su desarrollo se plantea una determinada trayectoria a seguir, definida por el vector de variables articulares Θ y sus derivadas en el tiempo, las que indican velocidad y aceleración articular. En base a éste se determina el vector τ, de torque articular, que permite al manipulador seguir la trayectoria deseada; por lo tanto, la fuerza necesaria τ para el actuador dependerá de la posición de la articulación, su velocidad y aceleración.

CAPÍTULO II
SISTEMA DE CONTROL DEL MANIPULADOR

Debido a que el medio acuático presenta una gran cantidad de variables que influyen en las tareas a desarrollar en él, la configuración del sistema de control del manipulador será un sistema intercambiado, donde el manipulador será teleoperado y, en ciertas tareas, operará en forma automática. Así el operador controla el movimiento del manipulador, el cual, a través de un sistema de percepción, envía la información obtenida del entorno para ser visualizada por el operador o la utiliza para su propio control.

Por lo tanto el sistema de control telerrobótico del manipulador estará compuesto por: un ROV con un manipulador (descrito en el capítulo anterior), un computador con interfaces de entrada y salida, el controlador del manipulador y finalmente el operador.

El controlador traduce las órdenes dadas por el operador, en movimiento, o bien, maneja las instrucciones almacenadas para la operación del manipulador en modo automático. Éste realiza la comunicación entre las unidades de entrada, el software de control y los actuadores del brazo. Debido a que un ROV no debe tener un gran peso ni volumen y necesita buena movilidad, el tipo de controlador escogido es un microcontrolador.

El computador contendrá el software que permitirá la programación del controlador y permitirá la visualización de la información obtenida por los sensores del manipulador.

Las unidades de entrada serán aquellas a través de las cuales el operador pueda controlar al manipulador e ingresar los comandos para la elaboración y modificación del software de control, como por ejemplo el teclado del computador, el Mouse y el joystick. También son considerados como unidades de entrada los sensores que posee el manipulador, los que proporcionan datos al controlador.

Para un mejor estudio, el sistema de control del manipulador se dividirá en dos, un sistema telecontrolado y un sistema automático.

2.1. SISTEMA TELECONTROLADO

El sistema telecontrolado del manipulador, corresponde a un sistema de lazo abierto, es decir, sin realimentación, ya que la información proporcionada por los sensores será visualizada y analizada por el operador, quien actuará en tiempo real en base a ésta.

Las órdenes de movimiento son comunicadas por el microcontrolador hacia las articulaciones y la pinza del efector final, es decir, el operador se comunicará con 5 actuadores: dos en el hombro, uno en el codo, uno en la muñeca y uno en la pinza. Mientras que el sistema sensorial estará compuesto por la cámara de video propia del ROV y los sensores de posición y esfuerzo del manipulador, los cuales enviarán la información recopilada al operador, para su visualización en la pantalla del computador.

El elemento escogido como unidad de entrada para la interacción entre el operador y el controlador del manipulador es una palanca de control o joystick, el cual presenta una rápida adaptación por parte del operador, además de ser un elemento ampliamente conocido.

El joystick posee un sistema de realimentación de los esfuerzos realizados por el manipulador, de esta forma el operador podrá "sentir" cuando se aumente o disminuya la carga del manipulador. Este sistema tomará la información recopilada por los sensores de esfuerzo ubicados en los ejes de articulación, los que alimentarán al sistema de control, el cual, a través de actuadores ubicados en la palanca de control permitirá al operador sentir, en forma proporcional, el trabajo realizado por el manipulador.

2.1.1. Simulación del control mediante joystick

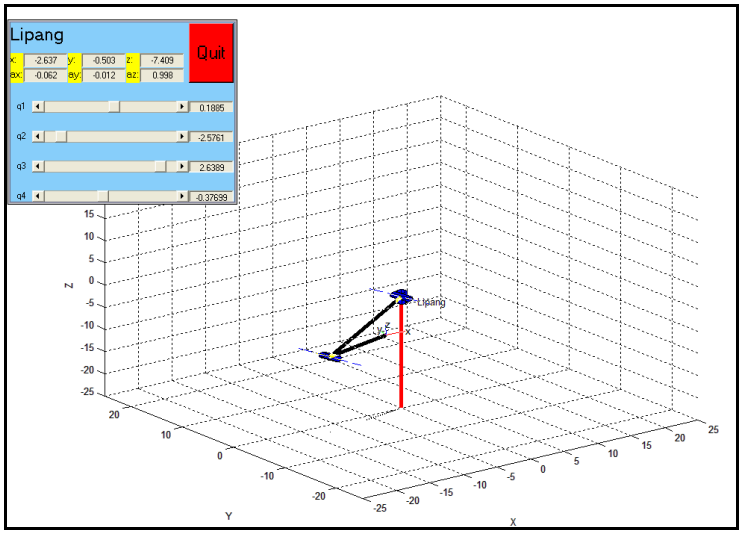


Figura 2-1: Simulación gráfica de control por joystick.

Utilizando la herramienta para Matlab, Robotics Toolbox, se ha simulado una entrada de joystick para controlar el manipulador. Lo que se puede ver en la figura 2-1, donde el recuadro azul simula el control por joystick, controlando las variables

articulares q1, q2, q3 y q4. En la parte superior del recuadro se pueden obtener los datos de posición y orientación del efector final con respecto a la base del sistema.

A través de este controlador se puede mover al brazo robótico en tiempo real y posicionar al efector final en cualquier lugar del espacio de trabajo del manipulador.

2.2. SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO

El sistema automático será un sistema de lazo cerrado donde la realimentación del sistema corresponde a la información proporcionada por los sensores del manipulador.

Debido a que el medio de trabajo del manipulador es afectado por un sinnúmero de variables externas que hacen muy difícil la automatización de tareas, para fines del presente trabajo, se ha definido como única tarea automática el regreso desde cualquier posición a la posición de transporte. La cual corresponde a la adoptada por el manipulador mientras el ROV se desplaza hacia el lugar de trabajo.

Para la ejecución de esta tarea se debe desarrollar un algoritmo de generación de trayectorias entre los dos puntos antes mencionados, siendo necesario conocer la posición inicial en la cual se encuentra el manipulador y la posición final o de transporte. En conclusión, el bucle de control corresponderá al cálculo de la cinemática inversa del manipulador donde la posición final es fija y, a partir de la posición donde se encuentra el efector final al completar la tarea, el controlador debe calcular los ángulos que se debe mover cada articulación para llegar a la posición final ya conocida.

De acuerdo a lo anterior, sólo es necesaria la realimentación de posición relativa de las articulaciones para resolver la cinemática inversa del manipulador, por lo tanto se debe contar con sensores de posición en las articulaciones los cuales entregarán la información del ángulo relativo entre éstas al sistema de control. Este último, determinará la cantidad de grados que deberá moverse cada articulación para llegar a la posición final.

2.2.1. Cálculo de la cinemática inversa del manipulador

Primero se debe determinar la posición de transporte. La que se muestra en la figura 2-2, de cuyo análisis se pueden determinar las variables de articulación.

θ_1: Como este ángulo es determinado respecto a la base {0}, la cual se fija en forma arbitraria, se puede establecer que $\theta_1 = 0$.

θ_2: Como las longitudes de vínculo a_1 y a_2 poseen la misma orientación, $\theta_2 = 0$.

θ_3: En este caso, el ángulo dependerá de las dimensiones del brazo y de la forma de interacción de los vínculos; por lo tanto, $\theta_3 = \theta_{3'}$, donde $\theta_{3'}$ es constante.

θ_4: En este caso, su magnitud no afecta a la posición de transporte, por lo tanto, su valor permanecerá constante durante este proceso.

Por lo tanto, el vector que señala la posición de transporte estará definido por:

$$\Theta_t = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \theta_{3'} & \theta_4 \end{bmatrix}^T \qquad (2\text{-}1)$$

Reemplazando este vector en la matriz (1-2), se obtiene la transformada de la posición de transporte, donde se observa que el cálculo de la cinemática inversa del manipulador dependerá sólo de tres variables: θ_1, θ_2 y θ_3.

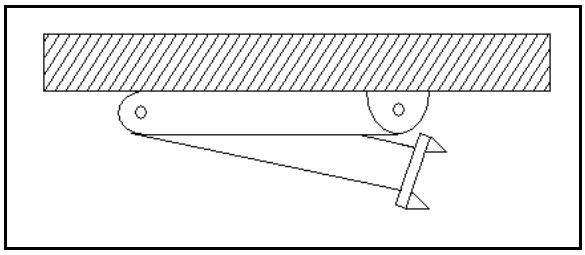


Figura 2-2: Posición de transporte del manipulador.

2.2.2. Generación de trayectorias articulares

El movimiento del manipulador debe ser uniforme, ya que los movimientos bruscos pueden generar vibraciones e incidir en el desgaste del mecanismo. De esta forma se deben generar funciones uniformes $\theta_i(t)$ para cada variable articular donde $\theta_i(0)$ sea la posición inicial y $\theta_i(t_f)$ sea la posición de transporte.

Para que la función sea uniforme debe ser continua, al igual que su primera derivada. Por lo tanto, la velocidad inicial y final de la articulación deben ser iguales a cero; para esto, basta con un polinomio de al menos tercer grado de la forma:

$$\theta(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3, \qquad (2\text{-}2)$$

del cual se pueden obtener la velocidad y aceleración al aplicar la primera y segunda derivada en el tiempo.

Al combinar las ecuaciones con las restricciones y resolver, se pueden obtener los coeficientes a_i. De esta forma se tiene que el polinomio que determina la trayectoria de cada articulación del manipulador corresponde a:

$$\theta(t) = \theta_0 + \frac{3}{t_f^2}(\theta_f - \theta_0)t^2 - \frac{2}{t_f^3}(\theta_f - \theta_0)t^3 \qquad (2\text{-}3)$$

Donde el ángulo θ_0 corresponde a la variable de articulación, que indica la posición del manipulador al inicio de la trayectoria y t_f, indica el tiempo que tardará el manipulador en llegar a la posición final, el cual es constante y para el prototipo se escogió una constante de 5 segundos.

2.2.3. Simulación del generador de trayectorias

Utilizando la herramienta Robotics Toolbox, se han simulado distintas trayectorias para el manipulador estudiado, situando al efector final en un punto arbitrario en el espacio y llevándolo hasta la posición de transporte.

De esta forma se cuenta con un generador de trayectorias que proporcionará los valores de posición, velocidad y aceleración angulares para cada articulación para lograr que el manipulador siga la trayectoria deseada, pero éste es controlado en términos de momentos de torsión; por lo tanto, el sistema de control del manipulador debe poder determinar el momento necesario para que cada actuador se mueva según lo requerido.

2.2.4. Control del manipulador mediante el torque

El generador de trayectorias permitirá conocer los vectores: Θ, $\dot{\Theta}$ y $\ddot{\Theta}$; los cuales satisfacen el modelo general de la dinámica del manipulador presentado en el capítulo anterior, el cual corresponde al algoritmo del sistema de control, ya que permite obtener el momento de torsión conocidas las posiciones angulares y sus derivadas.

En la figura 2-3 se puede apreciar la interacción entre el generador de trayectorias, el sistema de control y el manipulador. Este último recibe del sistema de control el vector τ de momentos de torsión, lo que produce el movimiento de las articulaciones y, a través de los sensores de posición, el sistema de control recibe al vector de posiciones articulares Θ como realimentación.

Con la información entregada por Θ, el sistema de control determina la posición y velocidad de las articulaciones y las compara con las entregadas por el generador de trayectorias, con lo cual se obtiene el error de servo:

$$E = \Theta_d - \Theta \tag{2-4}$$

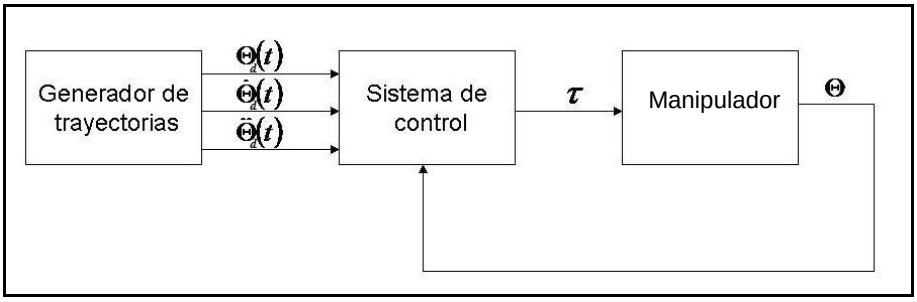


Figura 2-3: Diagrama de bloques del sistema de control del manipulador.

Como se puede apreciar en la figura 2-3 el sistema corresponde a uno MIMO (multientrada, multisalida), este sistema se puede simplificar a uno SISO (una entrada, una salida) y estudiar el control de cada articulación en forma independiente, pudiendo reescribirse el modelo dinámico del manipulador de la siguiente forma:

$$\tau = \hat{M}(\Theta)\cdot\left(\ddot{\Theta}_d + K_v \cdot \dot{E} + K_p \cdot E\right) + \hat{G}(\Theta) + \hat{F}\left(\dot{\Theta}\right) + \hat{V}\left(\Theta, \dot{\Theta}\right) \tag{2-5}$$

Donde las matrices K_p y K_v son matrices diagonales de orden 4 y el signo ^ indica la estimación del valor real de las matrices y vectores correspondientes.

Como el modelo no es exacto producto de fricciones, desgaste y variaciones en la dinámica del manipulador debido a las cargas soportadas, se considera un torque τ_d que agrupa estas variaciones, así la ecuación (2-5) queda de la siguiente forma:

$$\ddot{E} + K_v \cdot \dot{E} + K_p \cdot E = \hat{M}^{-1} \cdot \tau_d \tag{2-6}$$

Haciendo τ_d suficientemente pequeño, el término de la derecha se hace cero, aproximando el comportamiento dinámico del error de servo al de los sistemas lineales de segundo orden, pudiendo apreciar que la ley de control empleada obedece a un controlador de tipo PD (Proporcional Derivativo).

2.2.5. Simulación del sistema de control PD

La figura 2-4 grafica el error de servo obtenido con el uso de un controlador PD, pudiendo apreciarse una magnitud del error bastante reducida, que no influye mayormente en el correcto funcionamiento del manipulador.

Al graficar el torque ejercido por los actuadores (figura 2-5), se puede observar un alto torque inicial para superar la inercia de los vínculos, el cual rápidamente disminuye, llegando finalmente a cero al llegar a la posición deseada.

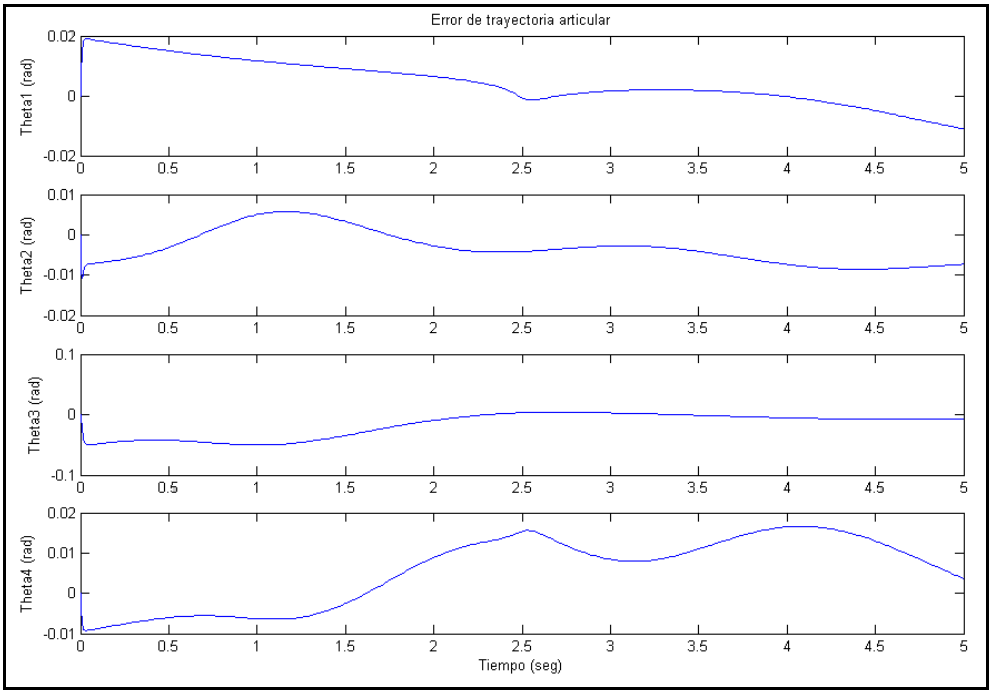


Figura 2-4: Error de trayectoria articular con controlador PD.

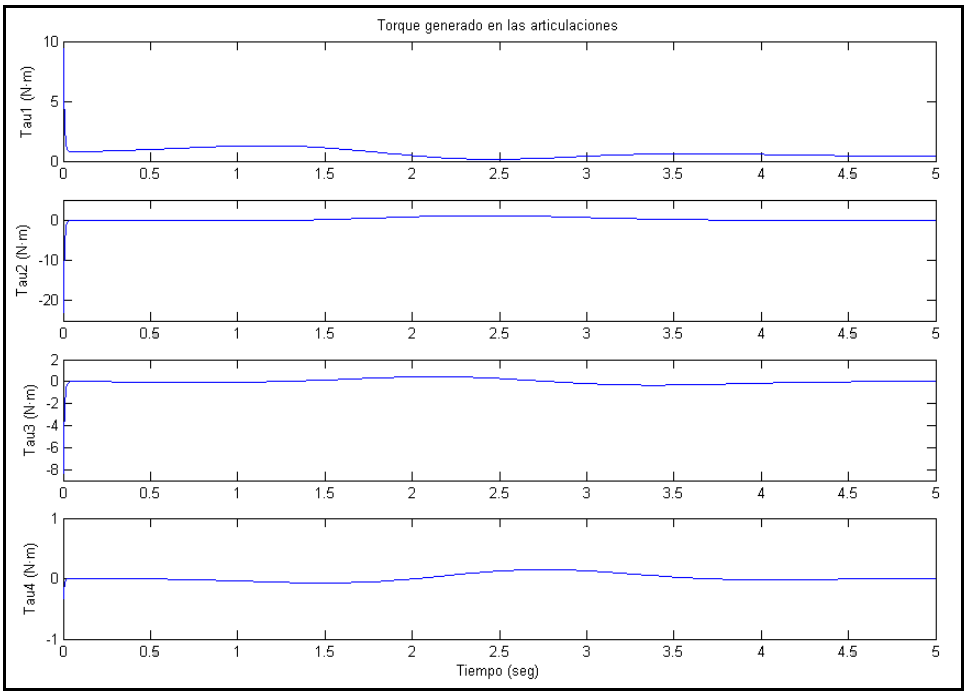


Figura 2-5: Torque ejercido en cada articulación.

2.2.6. Simulación del controlador PID

Para disminuir el error en el estado permanente, se puede implementar un controlador PID (Proporcional Integral Derivativo) en lugar del PD, añadiendo a la ecuación (2-6) el término integral, quedando definida por:

$$\tau_r = \ddot{\Theta}_d + K_v \cdot \dot{E} + K_p \cdot E + K_i \cdot \int_0^t E dt \qquad (2\text{-}7)$$

Donde K_i es una matriz diagonal de orden 4.

Al realizar la simulación del controlador PID, se obtiene la gráfica del error de servo de la figura 2-6.

La figura 2-7 muestra el torque desarrollado por los actuadores, donde se puede observar que el torque inicial es más alto que en el caso del controlador PD.

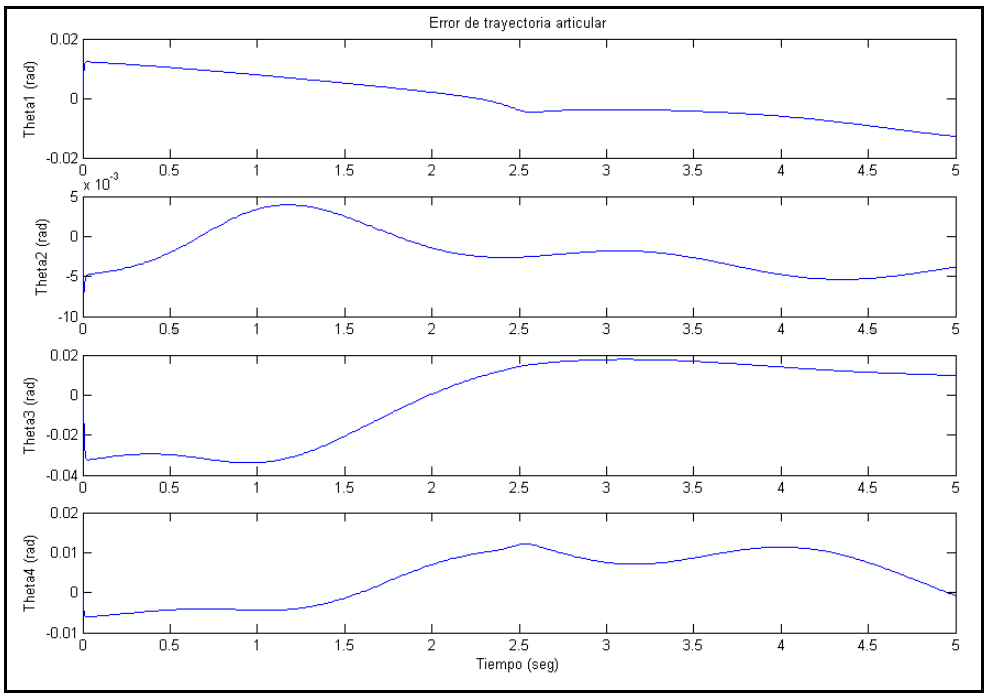


Figura 2-6: Error de trayectoria articular con controlador PID.

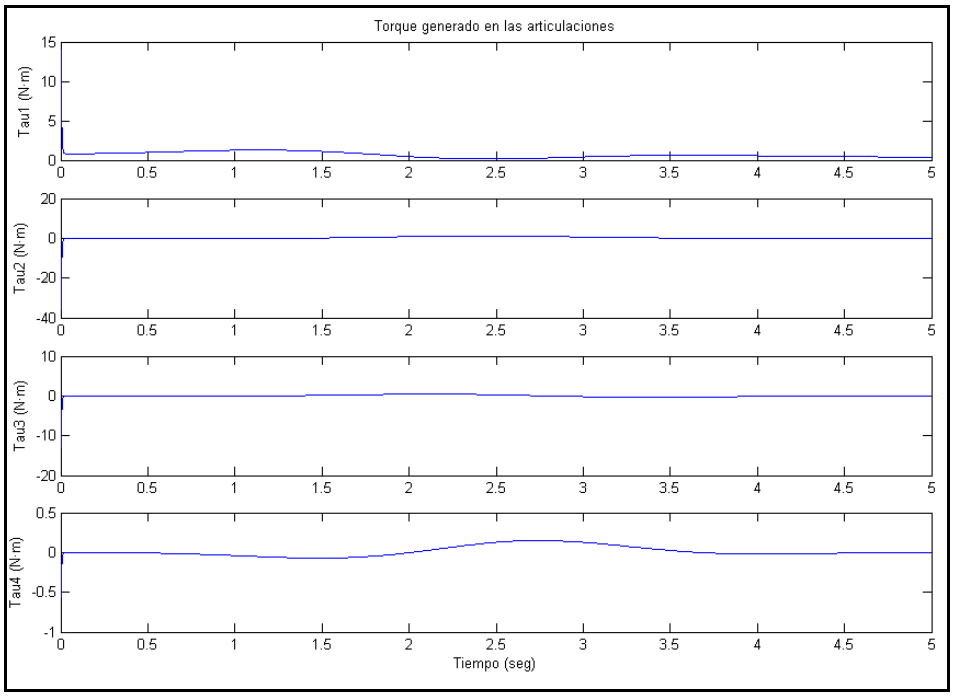


Figura 2-7: Torque ejercido en cada articulación.

2.3. ELECCIÓN DEL CONTROLADOR

Al comparar los resultados obtenidos con ambos controladores, se forma la tabla 2.1, donde se indica el promedio de las diferencias obtenidas de las simulaciones.

Tabla 2.1: Comparación de controladores.

	PD	PID
Error de servo [rad]	0,003	0,001
Peak de torque inicial	[9,4 -22,9 -8,3 -0,3]	[14 -35,8 -13 -0,6]
Torque en estado permanente	[0,95 -0,53 -0,26 0,0006]	[0,95 -0,54 -0,27 -0,0008]

Por lo tanto el controlador escogido para realizar la tarea automática del manipulador será un controlador proporcional derivativo, dado el menor promedio de torque inicial ejercido por los actuadores. De esta forma, la programación del microcontrolador deberá ser de tal forma que éste se comporte como este tipo de controlador.

2.4. PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR

A través de un conjunto de instrucciones escritas en lenguaje PBASIC, se programa en el PIC un generador de trayectorias como el visto en el capítulo 2, el cual determina las variables articulares para cada articulación, las que se transforman en una magnitud de torque, la que es transmitida a los actuadores que finalmente hacen que el manipulador se desplace hasta la posición de transporte. Otro conjunto de instrucciones permite al microprocesador leer la información presentada por los sensores de posición a medida que se desplaza el manipulador, dicha información es comparada por el procesador con las respectivas magnitudes articulares provenientes del generador de trayectorias para efectuar las correcciones necesarias al desplazamiento del manipulador.

Existe una segunda forma de programar este microcontrolador. Ésta es usando una herramienta de control y obtención de datos para Basic Stamp a través de Matlab-Simulink desarrollada en la Universidad Politécnica de Brooklyn.

Esta herramienta permite llevar la simulación presentada al microprocesador, a través de un conjunto de bloques e instrucciones especialmente diseñadas para esto.

Este segundo método es relativamente más simple de utilizar debido a que al trabajar en Simulink se busca, a través de simulaciones, el controlador que proporcione la mejor respuesta para que el manipulador realice la trayectoria deseada. Una vez encontradas las correspondientes magnitudes de las matrices Kp y Kv, este controlador es exportado en forma directa hacia el microprocesador, donde se puede ejecutar la acción deseada.

La desventaja que presenta este método, es que demanda una mayor cantidad de memoria que el primero y la ejecución del programa es más lenta debido a los intervalos que se generan al traducir el lenguaje de Matlab (C) a PBASIC y luego éste a lenguaje de máquina para ser ejecutado por el microprocesador. Por lo tanto se generan retardos inconvenientes para el control del manipulador que no existen al utilizar el programa Basic Stamp Editor.

Por esta razón, se eligió programar el controlador usando el lenguaje PBASIC, ya que al estar diseñado específicamente para el PIC 16F57, requiere una menor cantidad de memoria, optimiza las capacidades del microprocesador y presenta una mayor velocidad de ejecución, sin tener los retardos que se generan a través de Matlab.

CONCLUSIONES

De acuerdo a las características del sistema de control desarrollado, basado en un modelo matemático general, se concluye que éste puede ser aplicado a cualquier manipulador, permitiendo una correcta evaluación y simulación de éste antes de ser construido y ampliando sus capacidades a otras tareas que contribuyan al desarrollo del buceo de salvataje y a la investigación submarina.

El método de control teleoperado mediante un joystick es apropiado para controlar un manipulador y permitir que realice las tareas seleccionadas en este trabajo, debido a que representa un dispositivo de entrada de fácil control para un operador, ya que mediante la simulación en software se pudo demostrar su flexibilidad y afinidad con el modelo del manipulador, el cual respondió en forma estable y sin problemas.

El sistema de control automático del manipulador se basó en el modelo dinámico de éste presentado en el capítulo 1. Con esta información se establece la estrategia de control conocida como par computado, que no es más que el control del manipulador utilizando como entradas del sistema la trayectoria articular y sus derivadas en el tiempo, para obtener el torque necesario en cada articulación para producir el movimiento deseado.

Se demostró mediante herramientas de software, que para la ejecución automática de movimientos del manipulador, la mejor opción es un controlador Proporcional Derivativo, el cual presenta un reducido error en las trayectorias articulares y un bajo torque inicial en las articulaciones, lo que minimiza el desgaste de los actuadores y las uniones entre los vínculos.

La simulación del sistema de control mediante Matlab, satisfizo los requerimientos planteados, proporcionando un modelo que se ajusta a las condiciones reales de un manipulador para ser utilizado en un ROV.

Por último, se concluye que el sistema robótico del manipulador utilizado como prototipo, se comporta de manera satisfactoria, logrando ser bastante ajustado a lo esperado teóricamente.

BIBLIOGRAFÍA

[01]. Angeles, Jorge; Fundamentals of Robotic Mechanical Systems: Theory, Methods and Algorithms; 2ª edición, Montreal, Canadá, Springer Editions, 2002.

[02]. Angulo Usategui, José Mª; Romero Yesa, Susana, et al; Introducción a la Robótica; 1ª edición, Madrid, España, Thomson Editores, 2005.

[03]. Angulo Usategui, José Mª; Angulo Martínez, Ignacio; et al; Microcontroladores PIC, la Clave del Diseño; 1ª edición, Madrid, España, Thomson Editores, 2003.

[04]. Craig, John J.; Robótica; 3ª edición, Editorial Pearson, Prentice Hall, México, 2006

[05]. Kelly, Rafael y Santibáñez, Víctor; Control de Movimiento de Robots Manipuladores; 1ª edición, Madrid, España, Pearson Prentice Hall, 2003.

[06]. Nise, Norman S.; Control Systems Engineering; 4ª edición, Estados Unidos, John Wiley & Sons Inc; 2004.

[07]. Ollero Baturone, Aníbal; Gómez de Gabriel, Jesús, et al; Teleoperación y Telerrobótica; 1ª edición, Madrid, España, Pearson Prentice Hall, 2003.

[10]. Ollero Baturone, Aníbal; Robótica. Manipuladores y Robots Móviles; 1ª edición, Barcelona, España, Editorial Alfaomega, 2007.

ALGORITMO DIFUSO ADAPTABLE PARA PREDICCIÓN DE TRAYECTORIA BLANCO MÓVIL EN SISTEMAS DE CONTROL DE TIRO

Francisco Gil Navia[1], Juan Contreras Montes[2]
negrogil@hotmail.com, epcontrerasjeee.org
Escuela Naval de Cadetes Almirante Padilla, Cartagena, Colombia

RESUMEN

El problema de control de tiro implica mucho más que lograr que el cañón se apunte correctamente sobre el blanco. Para lograr el objetivo se hace necesario hacer correcciones de apuntamiento teniendo en cuenta aspectos como el tiempo de vuelo del proyectil y la trayectoria y posición futura del blanco, lo que obliga a contar con sistemas de predicción. En este artículo se presenta un sistema automático de seguimiento de blanco aplicado en un prototipo de cañón. Se presenta un algoritmo de control predictivo difuso para el seguimiento y anticipación de la posición del objetivo, el cual puede ajustar automáticamente los parámetros del modelo de predicción de acuerdo a la dinámica del blanco móvil.

PALABRAS CLAVES

Identificación difusa, modelo predictivo difuso, seguimiento.

1. Introducción

Los proyectiles de fuego directo son disparados línea-de-vista apuntando desde plataformas en tierra, helicópteros, aviones y/o buques. Varios factores pueden causar fallas para alcanzar un objetivo [1], como las inexactitudes industriales del arma, las condiciones atmosféricas, el movimiento de la plataforma de disparo, entre otros. Cuando se trata de un blanco móvil, otro

[1] Oficial Naval, Ingeniero Naval Especialidad Electrónica, Escuela Naval Almirante Padilla, Cartagena, Colombia, negrogil@hotmail.com
[2] Doctor en Ciencias Técnicas, Docente Investigador Escuela Naval Almirante Padilla, Cartagena, Colombia, epcontrerasj@ieee.org
Apoyos y Subvenciones: Escuela Naval Almirante Padilla – Facultad de Ingeniería Naval

problema afecta la efectividad del disparo y se debe al error en la predicción de la futura posición del blanco.

Diferentes estudios se han realizado para identificar las contribuciones de los movimientos de las manos y de los ojos en la predicción de la trayectoria de objetos móviles [2] que permiten detectar las fortalezas y debilidades del operador humano en el enganche de un blanco móvil, inclusive cuando el objetivo deja de ser percibido por los ojos. Para contrarrestar la falla humana, ha despertado gran interés la investigación en el desarrollo de algoritmos de predicción [3], [4], especialmente mediante la generación de sistemas difusos predictivos a partir de datos experimentales de entrada y salida.

Una de las primeras propuestas para diseñar automáticamente un sistema difuso a partir de datos, fue el esquema de búsqueda en tablas [5]. Después Sugeno y Yasukawa [6] propusieron un método para identificar los parámetros de modelos difusos usando consecuentes tipo impulso unitario, sin embargo este método requería muchas reglas y presentaba poca capacidad de descripción.

La identificación difusa se ha usado antes para obtener modelos predictivos a partir de datos de entrada y salida experimentales. Varios investigadores [7],[8] han trabajado referencias clásicas, como el horno de gas de Box-Jenkins y las series caóticas de tiempo de Mackey-Glass, obteniendo modelos predictivos con buena exactitud pero con poca interpretabilidad.

En [9], se propone una comparación del modelo de Grey [10] y un modelo de sistema predictivo difuso para series de tiempos, obteniendo buena exactitud pero la estructura del modelo predictivo difuso no se muestra.

En [11] se muestra un esquema de seguimiento de blancos, en tiempo real, para un robot autónomo. En este caso el controlador difuso es construido a mano.

La figura 1 muestra un esquema de seguimiento de blancos difuso. En este documento se propone un predictor difuso interpretable capaz de hacer seguimiento de la posición futura de blancos en avanzada. Una señal de video proveniente de una cámara web, es procesada para

obtener las coordenadas de un blanco y(k). Un predictor difuso es usado para determinar la posición futura del blanco y(k+1) usando tiempos pasados.

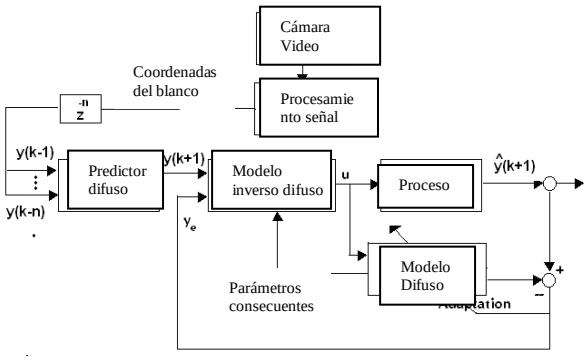


Figura 1. Predictor y controlador difuso para seguimiento de blancos

2. Identificación Difusa

Una regla difusa: "si *u es* A, entonces *y* es B ", donde *u* y *y* representan dos variables numéricas, además $A \subset U$ y $B \subset Y$, forman pares entrada-salida difusos respectivamente definidos en los universos U y Y, esto es equivalente a la ecuación:

$$u_A(\mathrm{u}) \leq u_B(\mathrm{y}) \qquad (1)$$

El error de inferencia ε, [12] está dado por

$$\in \approx \begin{cases} 0 & \cdots \quad u_A(\mathrm{u}) \leq u_B(y) \\ u_A(\mathrm{u}) - u_B(y) & \ldots \quad u_A(\mathrm{u}) > u_B(y) \end{cases} \qquad (2)$$

Una regla difusa de tipo "si *u* es A, entonces *y* es B" con error de inferencia nulo, debe cumplir con la condición

$$u_A(\mathrm{u}) = u_B(\mathrm{y}) \qquad (3)$$

Si el sistema tiene *n* entradas, debe ser representado por reglas de tipo "si u_1 es A_1 y u_2 es A_2 y …y u_m es A_m, entonces *y* es B", y el sistema generado deben cumplir la condición

$$((u_{A1}(x_k) \wedge (u_{A2}(x_k) \wedge ... \wedge (u_{Am}(x_k)) = u_B(y_k) \quad (4)$$

donde $\wedge$ representa una t-norma, o un operador de agregación, de lógica difusa.

A) Estructura de Modelo Difuso

Función de pertenencia

La partición del universo de la variable de entrada en el proceso de aprendizaje se hará con conjuntos triangulares normalizados, que se superponen en 0.5. La función de pertenencia triangular permite la reconstrucción del valor lingüístico en el mismo valor numérico después de emplear un método de defusificación [9]; además la superposición en 0.5 asegura que los apoyos de los conjuntos difusos son diferentes. Los conjuntos difusos generados por la variable de salida serán impulsos unitarios.

Distribución de la Función de Pertenencia

Las funciones triangulares difusas de cada variable de entrada se distribuirán de manera simétrica en el respectivo universo de entrada.

Operadores

Para combinar los operadores, se usaran operadores tipo OWA[13]

Método de inferencia

$$f(x^{(i)}) = \frac{\sum_{j=1}^{L} \bar{y}^{j} m_j\left(x^{(i)}\right)}{\sum_{j=1}^{L} m_j\left(x^{(i)}\right)} \qquad (5)$$

Donde,

$$m_j(x^{(i)}) = u_{A_1^j}(x_1^{(i)}).u_{A_2^j}(x_2^{(i)}).\ldots.u_{A_n^j}(x_n^{(i)}) \qquad (6)$$

es el grado de salida de la regla j-écima de un sistema difuso tipo Sugeno, $\bar{y}^{j}$ es el valor impulso correspondiente a la regla j. [14]

B) Algoritmo de Identificación Difusa

Dada una colección de datos experimentales de entrada y salida $\{x_k, y_k\}$, k =1, ..., N, donde x_k es la matriz de datos de entrada n-dimensional $x_k^1, x_k^2, \ldots, x_k^n$ y y_k es la matriz de salida uni-dimensional, el algoritmo se define en los siguientes pasos [11]:

1 Organización de los N pares de datos de entrada y salida $\{(x_i, y_i) \mid i = 1,2,..., N\}$, donde $x_i \in \Re^n$ son vectores de entrada y y_i son escalares de salida

2 Determinación del rango del universo de entrada para cada variable, acuerdo a los valores máximos y mínimos $[x_i^-, x_i^+]$, $[y^-, y^+]$.

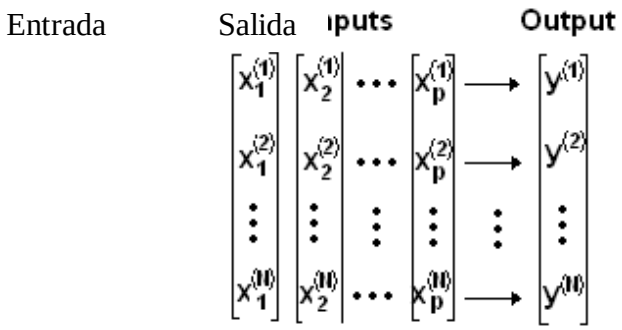


Figura 2. Organización de Datos

3 Distribución de las funciones triangulares sobre cada universo de entrada. Como norma general los vértices donde la función de pertenencia vale uno, (valor modal) están en el medio de la región cubierta por la función de pertenecía, mientras que los otros dos vértices con valor cero, caen en la mitad de las dos funciones aledañas.

4 Calcular la posición de los valores modales a partir de las variables de entrada , acuerdo a

$$\begin{aligned} &\text{Si } u_{A_k^{(n)}}(x_k^{(i)}) = 1 \\ &ys_k^{(n)} = y[i] \\ &\text{fin,} \end{aligned} \qquad (7)$$

donde $ys_k^{(n)}$ corresponde a la proyección sobre el espacio de salida de los datos de entrada $x^{(i)}$, evaluando de la k-esima variable de entrada en la n-esima función de la partición correspondiente. El valor de salida correspondiente a esta proyección esta dado por la i-esima posición del vector de salida y.

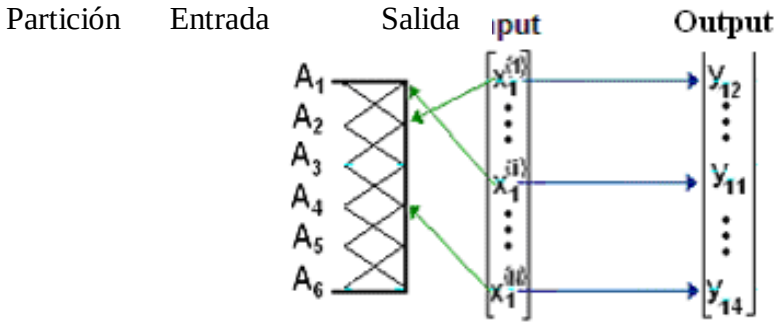


Figura 3. Generando Consecuentes

5 Determinación de reglas. Inicialmente el número de reglas son iguales al número de funciones de cada variable de entrada multiplicado por el numero de variables; en otras palabras, $n \times k$. Las funciones de pertenencia asociadas a un consecuente serán el antecedente de esta regla. Los antecedentes de aquellas reglas que tengan los mismos

consecuentes se funden usando el operador OWA, reduciendo de esta forma el numero de reglas. Un método adicional de reducir el número de reglas se presenta en [3].

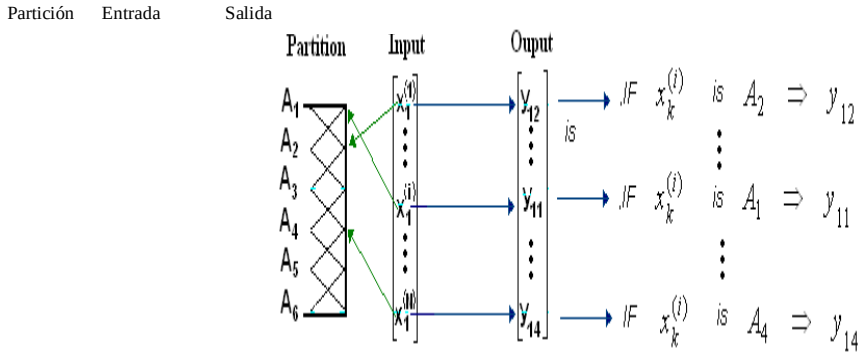


Figura 4. Generando reglas

6 Validación del modelo usando el método de inferencia descrito por (5)

7 Ajuste de parámetros, reubicando las funciones impulso de salida usando el método de mínimos cuadrados. La ecuación (5) se puede expresar de la forma:

$$f\left(x^{(i)}\right)=\sum_{j=1}^{L}\bar{y}^{j}w_j(x^{(i)}) \tag{8}$$

Donde

$$w_j\left(x^{(i)}\right)=\frac{m_j\left(x^{(i)}\right)}{\sum_{j=1}^{L}m_j\left(x^{(i)}\right)}=w_j^i \tag{9}$$

Los valores de salida se pueden representar como $Y=W\theta+E$, que en la forma matricial esta dado por

$$\underbrace{\begin{bmatrix}y^1\\y^2\\\vdots\\y^L\end{bmatrix}}_{Y}=\underbrace{\begin{bmatrix}w_1^1 & w_2^1 & \dots & w_L^1\\w_1^2 & w_2^2 & \dots & w_L^2\\\vdots & \vdots & \ddots & \vdots\\w_1^n & w_2^n & \dots & w_L^n\end{bmatrix}}_{W}\underbrace{\begin{bmatrix}\bar{y}^1\\\bar{y}^2\\\vdots\\\bar{y}^L\end{bmatrix}}_{\theta}+\underbrace{\begin{bmatrix}e_1\\e_2\\\vdots\\e_n\end{bmatrix}}_{E} \tag{10}$$

Donde E es el error de aproximación, el cual debe ser minimizado. Usando la norma del error cuadrático se tiene:

$$\theta = \frac{W^T Y}{W^T W} = (W^T W)^{-1} W^T Y \tag{11}$$

Si $(W^T W)$ no tiene inversa, la estimación por mínimos cuadrados se puede hacer de forma recursiva [4].

8 Terminar si se da el caso que el error medio cuadrático sea menor a un umbral predeterminado o que el número n de funciones de pertenencia llegue a nueve. De otro modo, incrementar en uno el numero n y regresar al paso 3.

El modelo difuso obtenido es interpretable, tiene buena precisión y solo requiere del ajuste de los consecuentes tipo impulso unitario. Es posible para lograr una mejor aproximación, ("ajuste fino") si al finalizar el proceso, el método de gradiente descendiente es aplicado para ajustar la ubicación de los valores modales de las funciones triangulares ascendientes, manteniendo la partición de suma-1 y por lo tanto, la interpretabilidad del sistema.

3. Resultados

El objetivo es predecir la trayectoria de un blanco en movimiento en el plano usando valores pasados. La Figura 5 muestra la trayectoria del blanco.

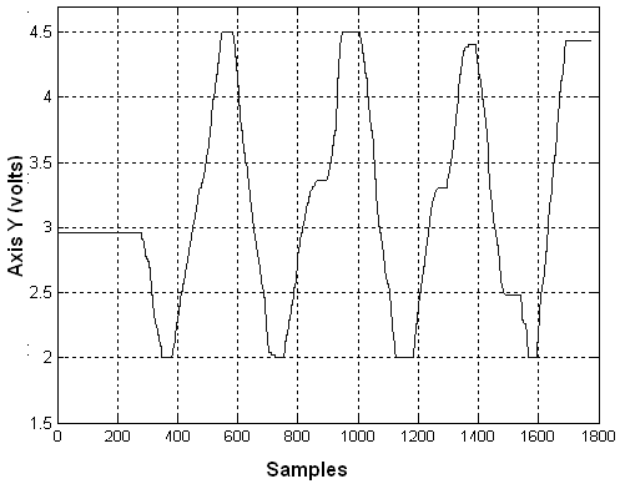


Figura 5. Datos de entrenamiento del modelo predictivo difuso

Un modelo predictivo difuso se obtuvo usando dos variables de entrada {y(k-1); y(k-3)} para predecir y(k+1). Se logró un error medio cuadrático (MSE) de 0.0020. La figura 6 muestra el modelo predictivo difuso obtenido y la figura 7 muestra la regla base.

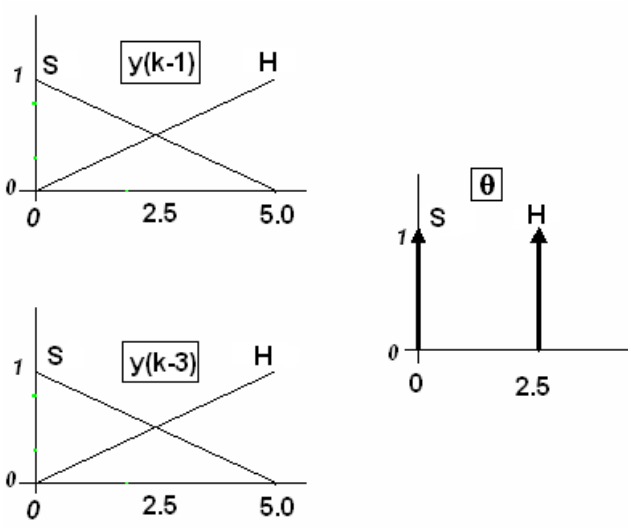


Figura 6. Modelo predictivo difuso

Regla Base:

Si y(k-1)es S y y(k-3) es S,
entonces θ es S

Si y(k-1)es H y y(k-3) es H,
entonces θ es H

Figura 7. Regla base para el modelo predictivo difuso

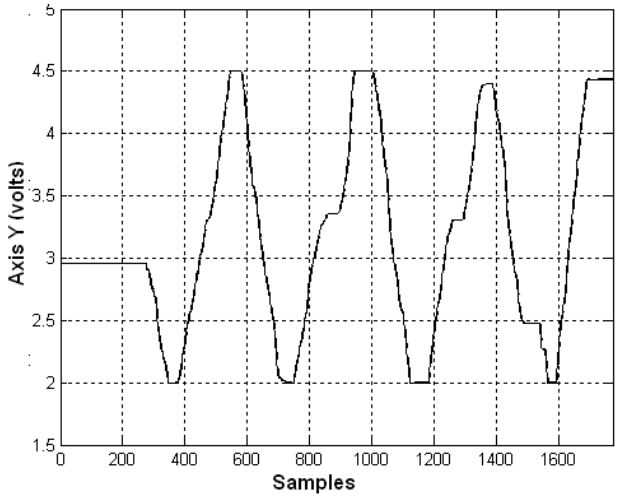


Figura 8. Proceso de entrenamiento con datos reales (continuo) y predicción obtenida (punteado)

Después del proceso de entrenamiento nuevos datos son introducidos para validar el modelo predictivo difuso. Con los datos mostrados en la figura 9 un MSE de 0.0016 es obtenido. Con los datos mostrados en la figura 10 se obtiene un MSE de 0.0079.

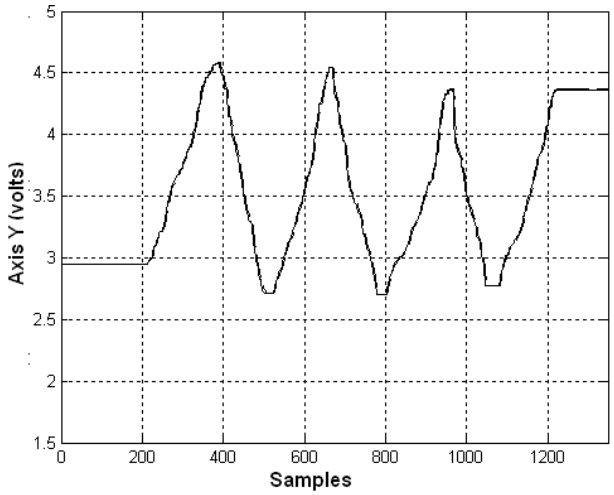


Figura 9. Proceso de validación con datos reales (continuo) y predicción obtenida (punteado)

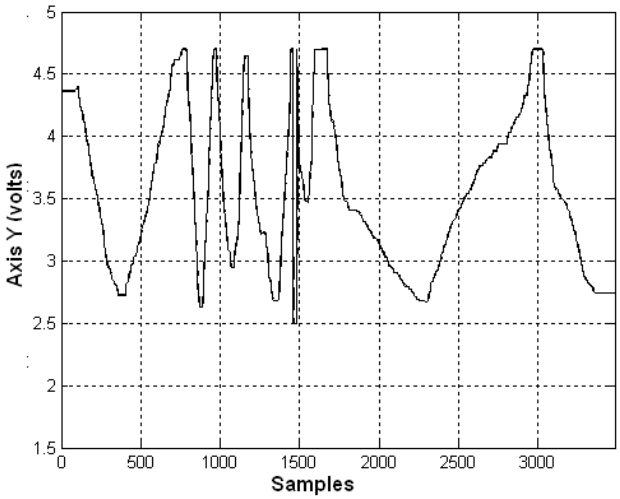


Figura 10. Proceso de validación con datos reales (continuo) y predicción obtenida (punteado)

4. Conclusión

Un método para obtener modelos predictivos, difusos e interpretables, basado en minimización de error de inferencia fue presentado, generando particiones suma-1 de los antecedentes a partir de funciones triangulares con particiones suma-1 asumidas inicialmente, evitando las sobre posiciones complejas que se presentan con otros métodos.

La aplicación real de la aproximación propuesta se demuestra en el proceso de seguimiento de un blanco en movimiento.

Referencias

[1] Ollerenshaw, D., Costello, M., "Model Predictive Control of a Direct Fire Projectile Equipped with Canards", AIAA Atmospheric Flight Mechanics Conference and Exhibit, 15 - 18 August 2005, San Francisco, California

[2] Wexler, M., Klam, F., "Movement prediction and movement production", Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, vol. 27, No. 1, pp. 48-64, 2001

[3] Liu, P.X. Meng, M.Q.-H., "Online data-driven fuzzy clustering with applications to real-time robotic tracking", IEEE Trans. Fuzzy Systems, vol. 12, No. 4, pp. 516 – 523, Aug. 2004.

[4] Contreras, J, “Generating Dynamic Fuzzy Models for Prediction Problems”. 28th North American Fuzzy Information Processing Society Annual Conference, Cincinnati, Ohio, USA. Jun. 2009.

[5] Wang, L-X, Mendel, J.M., “Generating fuzzy rules by learning form examples”, IEEE Transactions, Nov. 1992.

[6] Sugeno, M., Yasukawa, T., “A fuzzy logic based approach to qualitative modeling”. Transactions on Fuzzy Systems, vol. 1, No. 1, pp. 7-31. 1993

[7] Gaweda, A.E., and Zurada, J.M. “Data-Driven Linguistic Modeling Using Relational Fuzzy Rules”, IEEE Trans. Fuzzy Systems, vol. 11, No. 1, pp.121-134, 2003

[8] Nauck, D., Kruse, R., “Neuro-fuzzy systems for function approximation”. Fuzzy Sets and System. 101(2), pp. 261-271. Jan. 1999.

[9] Dounis, A. I., Tiropanis, P., Tseles, D., Nikolaou, G. and Syrcos, G. P.” A Comparison of Grey Model and Fuzzy Predictive Model for Time Series”. International Journal of Computational Intelligence Volume 2 Number 3. pp 176-182. 2006

[10] Li, T-H. S., Chang, S-J., and Tong, W., “Fuzzy Target Tracking Control of Autonomous Mobile Robots by Using Infrared Sensors”, IEEE Trans. Fuzzy Systems, vol. 12, No. 4, pp.491-501, 2004

[11] Contreras, J., Misa, R., Murillo, L., “Interpretable Fuzzy Models from Data and Adaptive Fuzzy Control: A New Approach”. IEEE International Conference on Fuzzy Systems. IEEE Computational Intelligence Society. Pags.: 1591-1596. 2007

[12] Sala, A., Validación y Aproximación Funcional en Sistemas de Control Basados en Lógica Borrosa. Universidad Politécnica de Valencia. PhD Thesis. 1998.

[13] Babuska, R. Fuzzy and Neural Control. Disc Course Lecture Notes. Delft University of Technology. Delft, the Netherlands. 2001.

[14] Passino, K, y Yurkovich, S. Fuzzy Control. Addison-Wesley. California. 1998

Evaluación de la estabilidad, sistema de propulsión y sistema de gobierno del ARC Manacacías para optimizar su desempeño operacional en el Río Meta

Javier Serrano Tamayo, Ingeniero Naval Mecánico,
Estudiante Maestría en Ingeniería Mecánica, Universidad de los Andes
Teléfono: (57) (1) 2742410. Cel: 313-8926043
lj.serrano230@uniandes.edu.co

RESUMEN

Este documento sintetiza el estudio de la estabilidad e integración del casco con el sistema de propulsión del ARC Manacacías, con el fin optimizar la eficiencia de su planta propulsora y su maniobrabilidad en su área de operaciones. Su importancia radica en que este buque era un remolcador de río convertido en patrullera fluvial liviana para el transporte de tropa, al igual que otros buques de su mismo tipo, que están siendo utilizados para el control del orden público, pero por falta de metodología en la conversión, su desempeño actual no es óptimo.

El trabajo efectuado se sintetizó en tres puntos: 1. Medición y modelación del buque en 3D y estimación de pesos mediante el SWBS para determinar la ubicación del CG, con el fin de evaluar de la estabilidad transversal mediante los criterios de las normas DDS-079 USN y 046CFR170 USCG. 2. Predicción de la resistencia al avance mediante series sistemáticas de NAVCAD, así como la selección de una hélice óptima comercial y la evaluación en términos de consumo de combustible y autonomía de operación. 3. Estudio del aparato de gobierno actual y diseño de uno óptimo conforme la nueva misión, así como recomendaciones sobre su ubicación y su forma constructiva, en el estado del arte, para mejorar la maniobrabilidad.

Los resultados fueron un buque estable que requiere una hélice óptima para aumentar la velocidad, eliminar la cavitación y aumentar la autonomía, así como el diseño de un nuevo timón, mejor ubicado y de perfil óptimo para mejorar notoriamente la maniobrabilidad.

Palabras clave: afinamiento, estimación de pesos, condiciones de carga, criterios de estabilidad, efecto squat, eficiencia de la hélice, selección de timón, timón Schilling.

Introducción

En Colombia, la política de consolidación de la seguridad democrática exige a la Armada Nacional ejercer soberanía y control en los ríos navegables, así como mantener las unidades a flote en su máximo rendimiento. Dentro de los medios disponibles, se cuenta con unos remolcadores de río, construidos en 1986 por el entonces Servicio Naviero (SENAR), usados para el transporte de carga hasta finales de los noventa, cuando fueron varados y se cambiaron los motores DD471L por DD671L, se acondicionaron alojamientos para transporte de tropa utilizando una especie de blindaje pesado de triple lámina con arena en el medio y se les construyeron unos tanques para suministro de gasolina a los botes de combate. Pero el alcance de las reparaciones fue limitado y no consideró que el cambio de misión requería una concepción del buque para evaluarlo en su totalidad.

La adición de pesos altos hizo prever variaciones importantes en el desplazamiento y posición vertical del CG, por lo cual fue necesario estudiar las condiciones de carga y evaluar su estabilidad transversal. Los motores propulsores, concebidos para desarrollar una potencia de 180 BHP @ 1800 RPM, no superaban las 1500 RPM, lo cual indicaba que están sobrecargados o que las hélices no estaban apropiadamente proyectadas, esto era palpable por una cavitación que se está presentando. En cuanto al sistema de gobierno la capacidad de maniobra se estaba viendo afectada por un diámetro táctico que se deseaba reducir.



Fig. 1. Imagen ARC Manacacías.

El propósito entonces fue evaluar la estabilidad, recomendar una hélice óptima comercial y proponer un aparato de gobierno que mejorara notoriamente la maniobrabilidad, con el fin de solucionar un problema de mal desempeño de un buque en el río debido a una adaptación parcial de un remolcador como buque de transporte de personal. Este modelo de estudio se propuso ser replicado en otros buques del mismo tipo que presentan problemas similares.

Modelación del buque en 3D

Para la medición del casco, se elaboró una tabla de *offsets*, referenciados a un punto de origen en la intersección de la proa con la línea de crujía a la altura de la línea base. El buque tiene un puntal de 1.2 m en la sección paralela, una elevación pronunciada en proa y leve en popa.

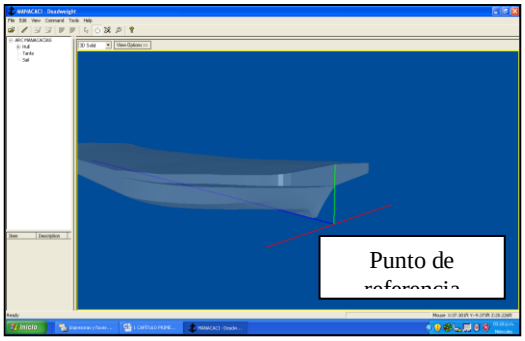


Figura 2. Punto de referencia (0,0,0)

Estación 7; x=2,80	media manga (eje y)	altura (eje z)
Punto 1	0	1,65
Punto 2	0,98	1,62
Punto 3	3	1,55
Punto 4	3	1,265
Punto 5	2,195	1,055
Punto 6	1,85	0,5
Punto 7	1,35	0,2
Punto 8	0	0

Tabla 1. Formato tabla de *offsets* (estación 7)

Una vez finalizadas las mediciones en campo y recolectada la información disponible se elaboró una primera tabla de *offsets* para tener el primer registro de las líneas de forma. La información necesariamente debía ser complementada y verificada con los planos disponibles.

La primera visualización mostró resultados satisfactorios en los semitúneles, popa y sección paralela, pero en la proa fueron menos favorables, lo cual condujo al *fairing* o afinamiento, cuyo fin es evitar discontinuidades que resultan en concentradores de esfuerzos, resistencia al avance y falta de estética. Su importancia radica en que la forma afinada pasa al programa de planos de corte y optimizar las láminas de acero reviste un costo importante. Para esto se usó el software Rhinoceros, con el cual se logró una forma hidrodinámica del casco.

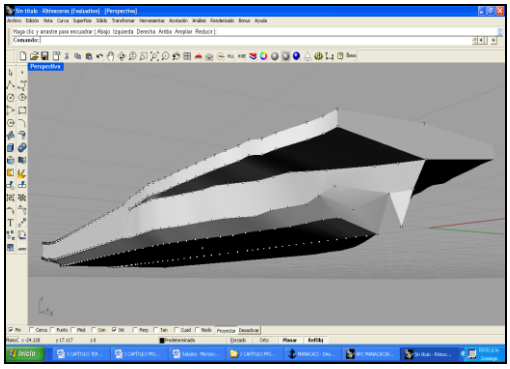


Figura 3. Puntos de control (*fairing*).

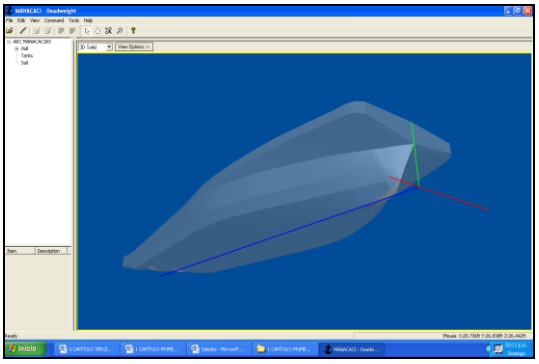


Figura 4. Modelo final 3D ARC Manacacías.

Coeficientes de forma y curvas hidrostáticas

Estas características para evaluar la estabilidad y obtener información necesaria para la estimación de potencia. De acuerdo con lo obtenido, el ARC Manacacías es un buque de formas llenas, puesto de manifiesto en sus coeficientes principales:

$$C_B = \frac{126.2\ m^3}{31.15\ m \cdot 7.28\ m \cdot 0.7\ m} = 0.8 \quad (1), \quad C_M = \frac{4.976\ m^2}{7.28\ m \cdot 0.7\ m} = 0.9765 \quad (2), \quad C_P = \frac{\nabla}{L \cdot A_M} = \frac{C_B}{C_M} = 0.8168 \quad (3)$$

Una vez obtenidos los coeficientes de forma se calcularon las curvas hidrostáticas, las cuales indicaron una estabilidad inicial positiva del buque, pese a su adición de pesos. El rango de calados se hizo desde el peso en rosca hasta la plena carga, incluso algo de sobrecarga, dado que ha sido sometido a ella. Los cálculos fueron hechos con ayuda del software GHS. Para obtener los valores de las curvas, hubo que editar todos los tanques del buque en el modelo, para lo cual el software permitió hacer la programación, obteniendo el modelo del buque con los tanques incluidos.

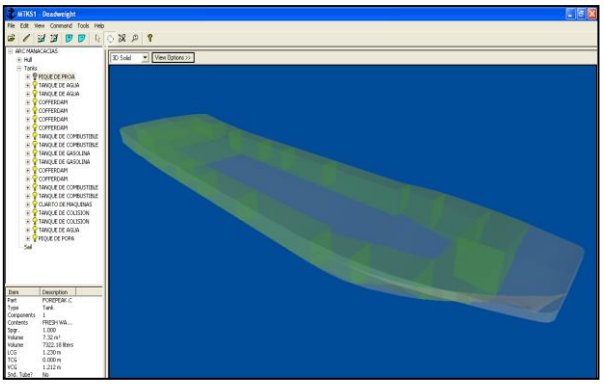


Figura 5. Modelo incluyendo los tanques.

Una vez modelado el buque con los tanques, se elaboró el programa correspondiente en GHS, con el fin de obtener las curvas hidrostáticas y las de coeficientes de forma.

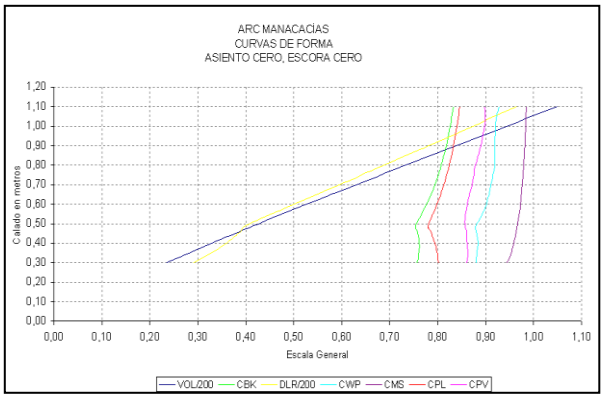


Figura 6. Curvas de Forma

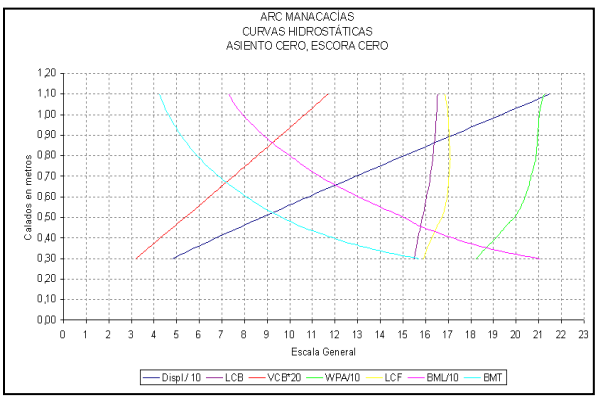


Figura 7. Curvas hidrostáticas

Estimación de pesos y condiciones de carga

Para estudiar las condiciones carga fue necesario conocer el peso de la Unidad, partiendo de sus componentes, así como su momento flector de los componentes con respecto a un punto de referencia. Antes de ello se estudiaron algunos métodos por características principales para calcular el peso de la estructura pero sin obtener resultados satisfactorios.

Método estudiado	**Resultado**
Método de Benford	Desplazamiento pequeño
Método de Danckwardt	Relación L/D pequeña
Método de Lamb	Eslora muy pequeña
Método de Mandel	Valor ilógico
Método de Gilfillan	Sólo para graneleros
Método de Murray	Valor ilógico
Método de Osorio	Podría servir de referencia
Método de J.L. García	El valor es muy bajo

Tabla 2. Estimación por características principales[1]

En consideración que ningún método satisfizo con precisión el peso del buque, éste se calculó en función de sus componentes. El procedimiento para estimar el peso del buque y su centro de gravedad (CG) se llevó a cabo mediante el uso del SWBS *(Ship Work Breakdown Structure)*, desarrollado por la US Navy, en el cual se considera el buque como un conjunto de elementos condensados en siete grupos estructurales, tanto de lo correspondiente al peso en rosca como del peso muerto para las condiciones de carga.

Grupo	**Concepto**
100	Estructura del casco
200	Planta propulsora
300	Planta eléctrica
400	Comunicación y sist. de control
500	Servicios auxiliares
600	Equipo y habilitación
700	Armamento
M	Márgenes
F	Cargas (peso muerto)

Tabla 3. Grupos estructurales SWBS

Hay tres tipos de peso de acuerdo con el conocimiento que tenemos de ellos. En el primero conocemos con certeza su peso y CG. En el segundo, su peso y CG probable, donde están la mayoría de pesos de un buque. El tercero son los márgenes, que son parte de la estimación de pesos y se espera que refleje el peso del buque a la entrega. La posición del CG del buque se calculó multiplicando el peso de cada componente por la distancia desde su CG hacia (0,0,0), hallando momentos flectores en x, y, z, haciendo una sumatoria final y dividiendo entre el peso total. Su importancia radica en que afecta el asiento, la escora y el KG del buque.

[1] Tomado de MIEZOSO Manuel, "Ecuación del desplazamiento, Peso en Rosca y Peso Muerto", Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales, Universidad Politécnica de Madrid, 1990.

El capítulo 096 del *NSTM (Naval Ships' Technical Manual)* trata sobre pesos y estabilidad, y define las condiciones de carga para buques. Para el ARC Manacacías se seleccionaron tres: peso en rosca, mínima condición de operación y plena carga. El peso en rosca agrupa los elementos desde el grupo 100 al 700, listo el buque para su servicio. Si bien excluye el peso muerto, hay algunos pesos como lastre fijo (si aplica), y fluidos mínimos en la maquinaria. La plena carga es el buque completamente cargado, es decir, peso muerto más peso en rosca. La mínima condición de operación, tiene las mínimas condiciones de estabilidad para operación normal. La carga líquida procura mantener una estabilidad y un asiento satisfactorio; y el peso muerto depende del tipo de buque y su servicio. Es una condición crítica de operación, pues los tanques, pesos bajos, están desabastecidos y la mayoría de pesos altos suelen permanecer constantes.

Tripulación	Igual que plena carga
Munición	1/3 de plena carga
Provisiones y almacenes	1/3 de la plena carga
Lubricante	1/3 de la plena carga
Comida y agua potable	2/3 de la plena carga
Combustible	1/3 de la plena carga
Carga	1/3 de la plena carga
Tanques de lastre	Vacíos
Pasajeros	Igual que plena carga

Tabla 4. Carga variable, mín. condición de operación[2]

Una vez determinados los pesos, sus CG y sus momentos flectores con respecto a los tres ejes, así como las condiciones de carga, se organizó la información por distribución de pesos, y se elaboraron las curvas de cargas, que permitió analizar pesos puntuales que afectar estructuralmente al buque.

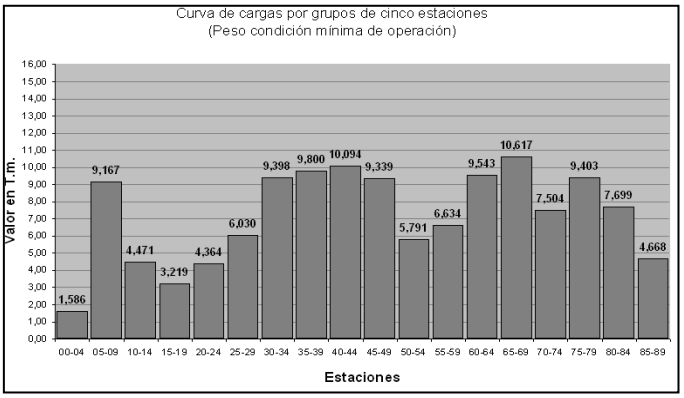


Figura 8. Curva de cargas, mín. condición de operación

Criterios de estabilidad

La adición de pesos por el "blindaje" de la superestructura sumó 17 T.M., lo que requirió aplicar criterios de estabilidad como de la DDS-079 de la USN y el 46CFR, p.170 USCG. La DDS-079 establece un espaciamiento de mamparos transversales y el de colisión de proa. Los transversales deben estar espaciados al menos 10 pies + 0,03 LBP, y el de colisión de proa

[2] NAVAL SEA SYSTEMS COMMAND, Design Data Sheet 079, Stability for surface ships of US Navy, pg II-11.

debe estar a una distancia máxima del 5% de la eslora, desde la perpendicular de proa. El diseño del buque cumplió satisfactoriamente con estos requisitos iniciales.

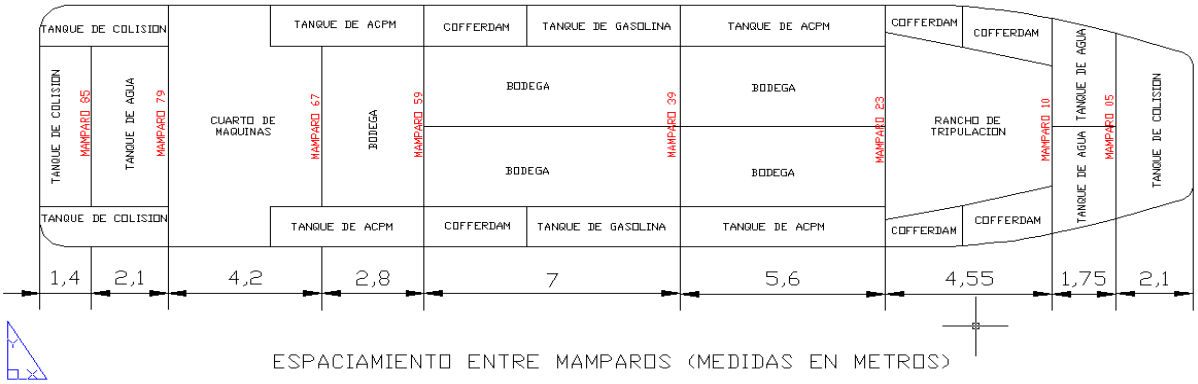


Figura 9. Distribución de tanques y espaciamiento entre mamparos

Más adelante se establece que los buques deben soportar ciertas amenazas que afectan la estabilidad, como: 1. Viento de través más rolido. 2. Levantamiento de cargas en un costado. 3. Fuerza de remolque. 4. Aglomeración de personal a un costado. 5. Giro a alta velocidad. 6. Hielo en la parte superior. Los numerales 1, 5 y 6 no representan amenaza, considerando las características del buque y su entorno. Las otras tres sí representan riesgo, por lo cual se midió la estabilidad, comparando la curva de brazos de adrizamiento con la de amenazas de brazos de escora, se sumaron los brazos escorantes, obteniendo el brazo más crítico, que al multiplicarlo por el desplazamiento, permitió obtener los momentos más críticos.

- Levantamiento de cargas pesadas sobre un costado: $HA = W \times a \times \cos\theta / \Delta$ (4)
- Efecto de remolque: $HA = 2 \times N \times (SHP \times D)^{2/3} \times S \times h \times \cos\theta / (38 \times \Delta)$ (5)
- Aglomeración de personal en un costado: $HA = (W \times a / \Delta)\cos\theta$ (6)

Por su parte, la norma 46CFR requiere una mínima altura metacéntrica, que debe ser igual a: $GM \geq (PAH)/(W \tan(T))$ (7). El valor P, aguas protegidas[3] es: $P = 0.028 + (L/1309)^2$ (8). El valor A es el área lateral del buque por encima de la línea de agua. El valor H, altura desde el centro de A hasta el punto medio de calado. El valor W, desplazamiento para cada condición. El valor T, menor ángulo entre 14° y medio francobordo desde crujía. Se editó el programa y se obtuvieron resultados satisfactorios de estabilidad del ARC Manacacías, los cuales eran previsibles, considerando su alta relación B/T = 6.

[3] United States Coast Guard. 46CFR. Subdivision & Stability. Part 170. Subpart E – Weather Criteria, pg. 85

Análisis de la viga buque

GHS permite hacer una comparación porcentual del esfuerzo máximo del buque montado sobre una onda trocoidal con respecto a su resistencia a la tensión, brindando información de cortantes y momentos flectores de la viga buque. Para ello se calculó el Módulo de Sección, haciendo sumatoria de elementos estructurales en al menos un 40% de la eslora, obteniendo un valor de 2062.51 cm^2-m, que junto con la amplitud de la ola, módulo de Young y resistencia del acero, fueron necesarios para el cálculo. La viga buque se sometió a arrufo y quebranto, obteniendo un 3% de la resistencia del acero, con lo que cumplió la norma estructural.

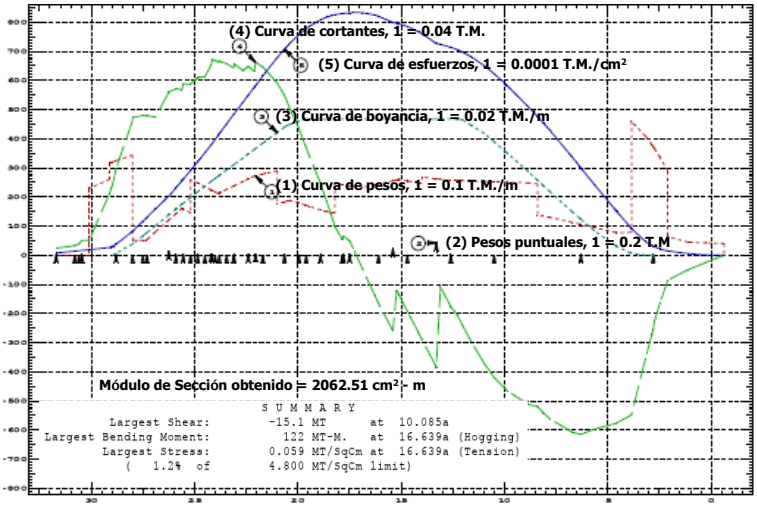


Figura 10. Resistencia longitudinal de la viga buque.

Resistencia al avance y *squat*

La resistencia al avance puede calcularse corriendo un modelo en un tanque de pruebas, o a través de series sistemáticas. Por falta de medios apropiados se escogió la segunda opción. El software NAVCAD tiene unas series de modelos corridos en tanques de prueba certificados. La serie más apropiada se seleccionó de acuerdo con los coeficientes de forma, relaciones de forma y número de Froude. Se estudiaron series para cascos de desplazamiento como el del Manacacías. Una vez determinado el Método de U.S. Naval Academy series se completó la información necesaria en tres ventanas: medio ambiente, casco y apéndices. Los datos se tomaron para plena carga, en la cual la resistencia al avance es mayor.

Método estudiado	**Resultado**
Fórmula básica	Gama muy amplia
Método Holtrop	Bajo B_{WL}/T (2.1-4.0)
Método Oortmerssen	Bajo B_{WL}/T (1.9-3.4)
Método U. Dinamarca	Bajo L_{WL}/B_{WL}(5-8), 4.4
Método USNA YP series	Coinciden características
Series 60	Pantoque redondo
Series U. Brit. Columbia	Formas muy desiguales
Series Nordstrom y YP 81	Astilla muerta alta
Series 64, SSPA, y Dutch	Embarcaciones planeo

Tabla 6. Análisis de series sistemáticas

En ríos de aguas bajas, como el Meta, el mayor efecto en la resistencia al avance es un hundimiento espontáneo llamado *squat*, dado por una variación del flujo de agua alrededor del casco, pues ésta pasa a mayor velocidad que en aguas abiertas, reduce la presión y hunde la proa o popa (*squat*), según el caso, incrementando el asiento y la resistencia al avance[4]. Una vez introducidos los datos del buque y estudiados los criterios aplicables, se obtuvo la curva de resistencia al avance. El buque respondió a velocidades bajas sin mayor oposición, pero a partir de los 13 kph, el incremento de la pendiente requiere de un sistema de propulsión óptimo que aproveche la configuración existente.

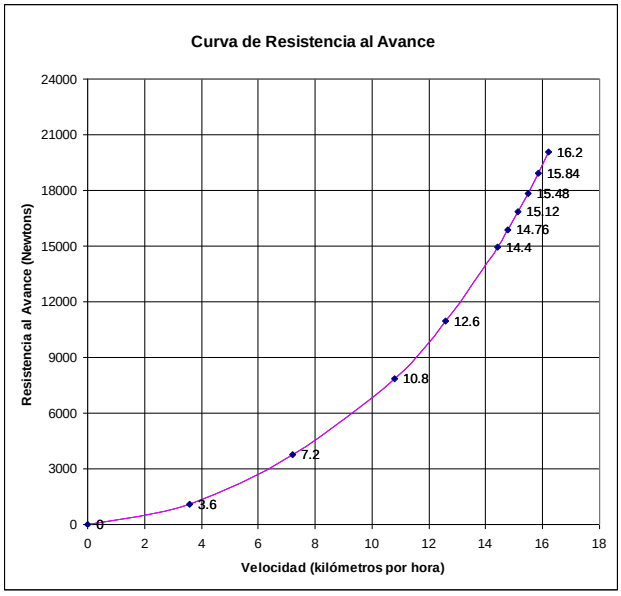


Figura 11. Curva de Resistencia al Avance

Como la profundidad de Río Meta varía durante el año, sólo ocho meses navegable[5]; requiere considerar la mínima profundidad como un factor importante en la resistencia al avance y determinante para la navegación segura, es decir en la zona subcrítica, evitando el efecto *squat*. Así, un buque lento será diseñado para la región subcrítica y uno rápido para la supercrítica[6]. Para observar cómo afecta el cambio de la profundidad en aguas bajas, se graficó la variación del *squat* a medida que aumenta la velocidad del Manacacías a distintas profundidades. La curva de 1 m de profundidad presenta las tres regiones, y en la zona crítica un pico de 0.32 m que sumado al calado a plena carga, 0.87 m, hace que el buque toque fondo, imposibilitando su navegación.

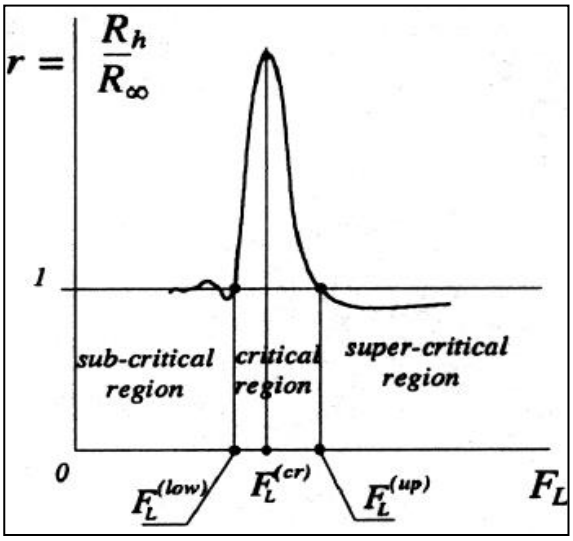


Figura 12. Regiones de diseño

[4] LEWIS Edward, "Principles of Naval Architecture", The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 2nd Revision, Vol. II, Ch. V, Section 5, Pg. 42, 1988.
[5] http://www.mintransporte.gov.co/Ministerio/Programas/integración/ proyectos.htm
[6] HOFMAN Milan y KOZARSKI Vladan. SHALLOW WATER RESISTANCE CHARTS FOR PRELIMINARY VESSEL DESIGN. International Shipbuilding Progress. Volume 47, Number 449. Pg. 63. 2000.

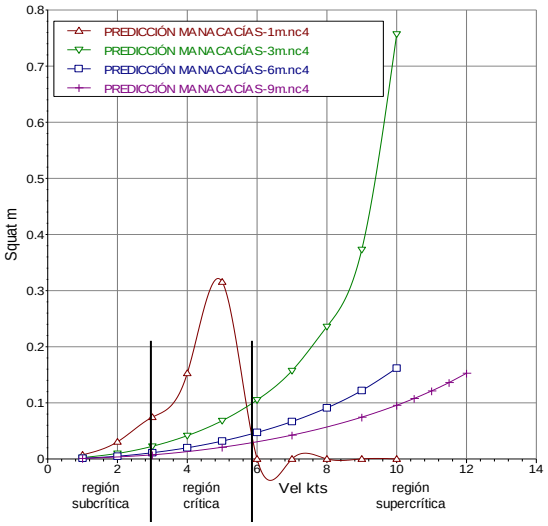


Figura 13. Curva squat vs. velocidad a distintas profundidades

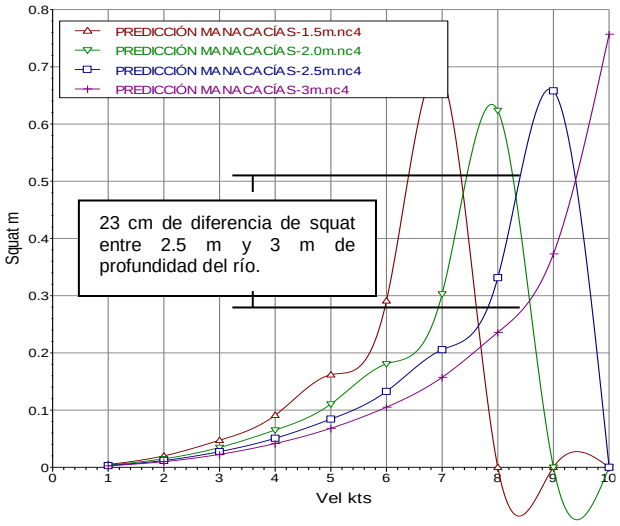


Figura 14. Primera iteración entre 1.5 – 3 m

Determinación de la hélice óptima

Un requerimiento inicial fue lograr mayor velocidad, por lo cual habría podido pensarse en un motor de mayor tamaño o un engranaje reductor de mejor relación; sin embargo, los costos asociados descartaron la idea y se trabajó con referencia a lo existente para determinar una hélice óptima. Los datos del sistema de propulsión son: 02 propulsores DD671L a 180 BHP @ 1800 rpm; 02 reductores Twin Disc DD-5091V 2.45:1; 02 hélices de paso fijo de tres aspas, Serie B, diámetro 36”, paso 32”. Con la curva de desempeño del motor DD671L disponible en NAVCAD, se integró la curva de desempeño del motor con la de resistencia al avance, comparando las RPM de la maquinaria con la potencia entregada en el eje y la velocidad actual de la Unidad. La curva mostró un motor trabajando por debajo de las RPM nominales, lo que promueve el carbonamiento de las cámaras de combustión y el deterioro prematuro. Por lo tanto, para optimizar el sistema de

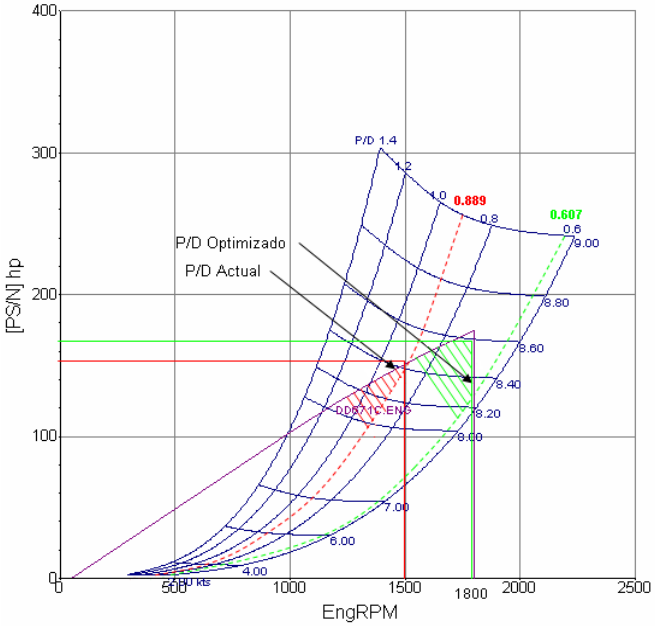


Figura 16. Comparación hélice actual y hélice óptima en función de la relación P/D

propulsión, se modificaron los parámetros de la hélice, disminuyendo el valor de la relación paso diámetro (P/D), llegando a las 1800 RPM. Por otra parte, se midió la relación de área expandida, se introdujeron los parámetros y se obtuvo el resultado de desempeño de la hélice actual frente a la modificada, logrando una mayor eficiencia. Entre los parámetros se usó el criterio de cavitación de Keller, obteniendo un 11.2%, superior al 5% máximo aceptable. Finalmente se normalizó la hélice a una comercial.

Una vez seleccionada la hélice óptima se comparó la mejora en velocidad, consumo de combustible y autonomía del buque con respecto al montaje actual, obteniendo 1.5 kph de aumento de máxima velocidad, una reducción del consumo de combustible de medio galón por hora y un aumento final de la autonomía de tres días de navegación constante.

Optimización del aparato de gobierno

Se estudió el aparato de gobierno de acuerdo con su geometría, con el fin de diseñar un timón óptimo, mejor ubicado, que no requiriera el cálculo de la eslora de bongos a empujar, dada su misión de patrullera de apoyo fluvial. Para diseñar un nuevo timón hay que tener en cuenta cuatro restricciones: 1. Máxima altura posible (*span*), desde la línea base hasta la mínima profundidad por debajo de la línea de agua. 2. Mantener un rumbo recto para minimizar la pérdida de velocidad y rendimiento de la planta propulsora. 3. El sistema general debe ser el mínimo necesario para cumplir con los estándares, pero manejando un presupuesto justo. 4. Efectos indeseables del timón, como la vibración, debe ser reducida al mínimo tolerable.

Desde la hidrodinámica hay seis consideraciones. 1. Tipo de timón. El timón completamente abatible es más económico, así mismo tiene menor vibración y costo de mantenimiento. La idea es que el timón produzca una fuerza de viraje importante, para ello está la relación de balance, relación de área del timón delante de la caña sobre el área total, dada en función del C_B = 0.81, para plena carga, para este buque debería oscilar entre 0.265 a 0.270[7], pero es 0.1175, lo que indica una deficiente maniobrabilidad por un valor muy bajo para la fuerza de viraje. 2. Ubicación. Debe evitarse combinaciones de dos timones y una hélice o viceversa[8], más bien colocar el timón detrás de la hélice en su sentido de flujo, lo que coadyuva a su

[7] LEWIS Edward, "Principles of Naval Architecture", The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 2nd Revision, Vol. III, Ch. IX, Section 17, Pg. 365, 1988.
[8] Ibid.

empuje. A baja velocidad, o con máquinas paradas, la corriente de la hélice incrementa la efectividad del timón en gran escala. Así mismo el timón debe estar permanentemente por debajo de la línea de agua para protegerlo de la aireación, que puede degradarlo por efecto de las olas. 3. Área. Dado que el buque no sufrirá por vientos ni olas, puede usar el área disponible de la forma del casco; para lo cual se seleccionó el criterio aplicado por *Det Norske Veritas*:

$$A_R = \frac{T \times LBP}{100}\left[1 + 25\left(\frac{B}{LBP}\right)^2\right] \qquad (9), \text{ donde}$$

A_R = Área del timón, T = Calado, LBP = eslora entre perpendiculares y B = Manga. Según la fórmula el requerimiento de área de timón fue de 0.6179 m^2. El área total calculada para el Manacacías fue de 1.89 m^2 por lo que debería excelente maniobrabilidad, pero no es así debido a varios factores: primero, la deficiente relación de balance para una fuerza de viraje importante. Segundo, la interferencia entre los timones disminuye la efectividad. Tercero, los timones no están obteniendo el grueso de la energía rotacional del flujo. Cuarto, la distancia entre la caña del timón y el núcleo de la hélice es de 1.5 veces el diámetro de ésta. 4. Altura. Está dada por la forma de la popa y el calado. Debe ser lo máxima posible para obtener mayor eficiencia y es más importante que la longitud para la efectividad del timón, pero su base debe tener cierta tolerancia por encima de la quilla. 5. Forma de la sección. Es preferible secciones hidrodinámicas gruesas con centro de presión constante, que son mejores estructuralmente y con menor arrastre. 6. Ritmo de oscilación. Para buques de formas llenas es más relevante un área grande que un incremento del período de giro para mejorar su maniobra.

Entre todas estas consideraciones, la principal es la máxima altura posible, la cual incide directamente en el máximo empuje. Para hallar esta altura se siguió un proceso iterativo, obteniendo un timón con suficiente área y buena relación de balance y de aspecto.

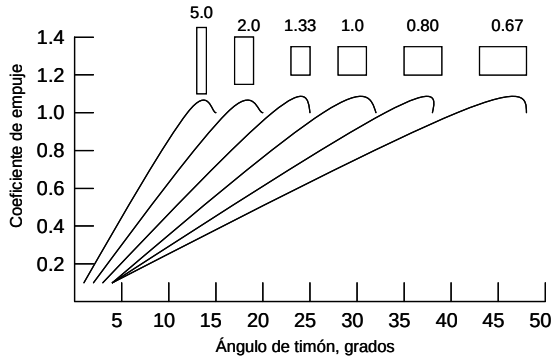


Figura 17. Efecto de la relación de aspecto en el coeficiente de empuje

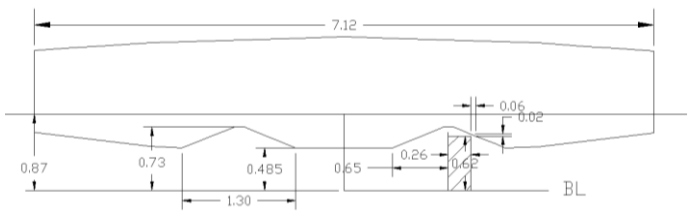
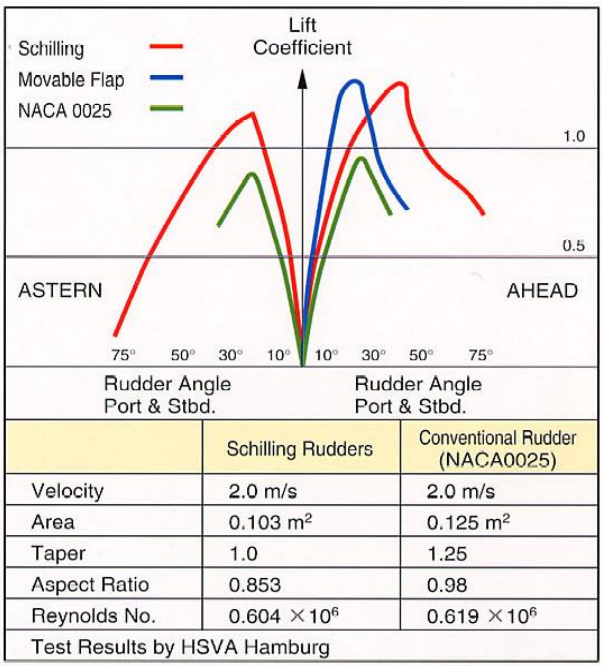


Figura 18. Proyección transversal del timón más óptimo en tamaño, girado 35° hacia una banda

Normalizando al perfil NACA de ancho superior equivale a la Serie NACA 0015 con relación longitud – espesor de 6.7, presentando el valor más alto de coeficiente de empuje.

El timón Schilling

Es una propuesta que mejora de forma importante la maniobrabilidad de un buque en aguas restringidas, como el ARC Manacacías. Supera la limitación de la separación del fluido en torno a los 35°, sin disminuir la presión normal, pudiendo utilizarse hasta los 70° a cada banda en maniobras de puerto, sin que se separe el fluido, lo cual significa el doble del ángulo máximo de que se dispone en los timones convencionales. Con este timón también se pretende aprovechar de modo más efectivo la corriente generada por la hélice; su sección transversal adopta forma de pez; y tiene unas planchas horizontales rectangulares en la parte superior e inferior solidarias al timón. Su construcción es de una sola pieza, no siendo necesario, en consecuencia, ningún trabajo de mantenimiento especial.



	Schilling Rudders	Conventional Rudder (NACA0025)
Velocity	2.0 m/s	2.0 m/s
Area	0.103 m^2	0.125 m^2
Taper	1.0	1.25
Aspect Ratio	0.853	0.98
Reynolds No.	0.604 $\times 10^6$	0.619 $\times 10^6$
Test Results by HSVA Hamburg		

Figura 28. Comparación del coeficiente de empuje para distintos timones de dimensiones

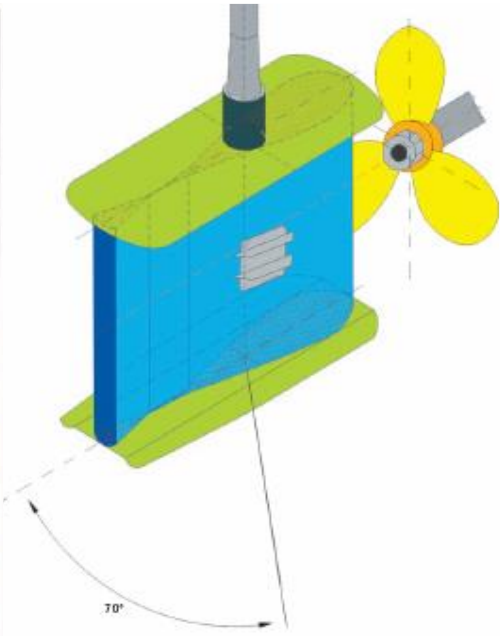


Figura 29. Vista lateral de un timón Schilling MonoVec con su forma de pez

Fuente: http://japanham.co.jp/www/en/service/pdf/schilling.pdf

Las características más importantes de estos timones son las siguientes:

- Mejora significativamente el control del buque a bajas velocidades en aguas restringidas.
- El coeficiente de empuje es aprox. 1.3 veces mayor que el de un timón convencional.
- Desarrolla un 30 – 40% más de fuerza de empuje que un timón convencional, obteniendo la máxima fuerza entre 40 y 45˚, aunque a baja velocidad puede llegar a los 70˚.
- El coeficiente de empuje también es alto cuando está dando marcha atrás.
- Tiene una gran estabilidad de rumbo, lo que incide en ahorro de combustible.

En virtud de lo anterior sería interesante la sustitución de un timón convencional por la de uno tipo Schilling en el ARC Manacacías, lo cual mejoraría notoriamente la maniobrabilidad de esta Unidad. Cabe anotar que este timón ya fue construido e instalado a bordo del ARC Sejerí, presentando una mejora notable en estabilidad y gobernabilidad, así mismo, el diámetro táctico se logró disminuir de cuatro a dos esloras.



Figura 31. Timón Schilling del ARC Sejerí

Conclusiones

El ARC Manacacías conserva una buena estabilidad inicial, pese a las dieciocho toneladas adicionadas como consecuencia del blindaje de la superestructura, puesto de manifiesto en la evaluación del buque, lo que era previsible, considerando su alta relación manga puntal (6).

Los motores propulsores están operando por debajo de sus revoluciones nominales, lo que causa carbonamiento de los pistones, pérdida de velocidad y mayor costo de mantenimiento.

Los timones son poco eficientes debido a su baja relación de aspecto (0.43), baja relación de balance (0.12) y amplia distancia hasta la hélice (1.5 veces el diámetro de la hélice), lo que llevó a dimensionar unos más eficientes y mejor ubicados que optimicen la maniobrabilidad.

La hélice actual es aceptable, sin embargo una optimizada reducirá la cavitación, evitando la erosión de las aspas, pérdida de empuje y vibraciones en el casco, así mismo mejorará la eficiencia, reduciendo el consumo de combustible y ampliando la autonomía.

Referencias

[1] American Bureau of Shipping. “Steel Vessels for Service on Rivers Waterways”. 2003.

[2] ASTM. A 131/A 131M – 04. Standard Specification for Structural Steel for Ships.

[3] AZUERO Ricardo, Planos originales disponibles de “Remolcador de 31.15 mts”, 1983.

[4] CHRISTOPOULOS, R & LATORRE, R., “River Towboat Hull and Propulsion”. SNAME. Great Lakes and Great Rivers Section, January 1982.

[5] GHS Manual. Commands based on Navy stability criteria.

[6] HERREROS M., ZAMORA R. y PÉREZ L., “El fenómeno squat en áreas de profundidad variable y limitada”. XXXVI Sesiones técnicas de Ing. Naval. ETSIN, 2000. “Influencia de los fenómenos "wake wash" y "squat" en el diseño de buques rápidos: límites aceptables y métodos de predicción”. XXXVII Sesiones técnicas de Ingeniería Naval. ETSIN, 2001.

[7] HOFMAN M. y KOZARSKI V. “SHALLOW WATER RESISTANCE CHARTS FOR PRELIMINARY VESSEL DESIGN”. Int. Shipbuilding Progress. Vol. 47, No. 449, 2000.

[8] HYDROCOMP. “Commercial Propeller Specifications”, Dec. 2001.

[9] IGLESIAS, S., LÓPEZ, P. y MELÓN, E. El timón Schilling, mejora relevante en la maniobrabilidad de un buque. Escuela Técnica Superior de Náutica y Máquinas de Coruña.

[10] Instituto de Hidrología de Colombia. “Manual de ríos Navegables”, 1992.

[11] LANDSBURG A., “Design Workbook on Ship Maneuverability”, SNAME, 1992.

[11] LEWIS Edward, “Principles of Naval Architecture”, SNAME, 2nd Edition, 1988.

[13] MARTIN R., “Cálculo de Estructuras de Buques” Vol. I, ETSIN, 1969.

[14] MIT. “Lectures of Projects in Naval Ships Conversion Design”.

[15] Mc Pherson, D.M., “Ten Commandments of Reliable Speed Prediction”, May 1996.

[16] MIEZOSO M., “Ecuación del desplazamiento”, ETSIN, 1990.

[17] NAVAL SEA SYSTEMS COMMAND. “Naval Ships’ Technical Manual. Chapter 096, Weights And Stability”, August 1996.

[18] NAVAL SEA SYSTEMS COMMAND. Design Data Sheet 079, 2003., Stability for surface ships of US Navy.

[19] PEREIRA Heber, “Teoría del Buque”, Timones: Teoría y efectos evolutivos, 1984.

[20] STRAUBINGER. Erwin; CURRAN, William; FIGHERA, Vincent. Fundamentals of Naval Surface Ship Weight Estimating. En: Naval Engineers Journal. May 1983.

[21] USCG. 46CFR. Subdivision & Stability. Part 170. Subpart E – Weather Criteria.

GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE CONTROLADORES BORROSO INTERPRETABLES PARA REGULACIÓN DE PROFUNDIDAD DE VEHÍCULO SUBACUÁTICO OPERADO REMOTAMENTE ROV

Fredman Jiménez Cifuentes[1], Héctor Gonzáles León[2], Juan Contreras Montes[3],

Resumen:

En este artículo se presenta un novedoso método para la generación automática de controladores a partir de datos experimentales de entrada y salida del proceso de inmersión de un ROV. El controlador borroso generado presenta una partición de las variables de entrada (antecedentes) mediante conjuntos triangulares con interpolación de 0.5 y consecuentes tipo singleton. La evaluación de los antecedentes de las reglas es realizada por un operador del tipo promedio ponderado en vez de una t-norma. Se presenta una aplicación en un sistema de inmersión de un vehículo subacuático operado remotamente ROV en la que el sistema es entrenado con los datos generados por la acción de un operador humano. El controlador borroso generado tiene capacidad de adaptación ante cambio de la dinámica del ROV o del medio donde se sumerge.

Palabras Clave: controlador borroso, Control de profundidad, ROV

1. INTRODUCCIÓN

Los vehículos subacuáticos no tripulados son considerados una valiosa herramienta para las operaciones subacuáticas científicas y/o militares, razón por la cual ha existido un auge en la investigación en este campo durante la última década [9]. Uno de los tópicos más estudiados es se relaciona con el control de inmersión o profundidad debido a la dinámica combinada no lineal del medio marino y del vehículo mismo [1], [9], [10], [15], [16]. Debido a la dinámica

[1] Estudiante de Ingeniería Naval Especialidad Electrónica, Escuela Naval Almirante Padilla, Cartagena, Colombia, fredmanj@hotmail.com
[2] Estudiante de Ingeniería Naval Especialidad Electrónica, Escuela Naval Almirante Padilla, Cartagena, Colombia, hecgonzalez54@hotmail.com
[3] Doctor en Ciencias Técnicas, Docente Investigador Escuela Naval Almirante Padilla, Cartagena, Colombia, epcontrerasj@ieee.org
Apoyos y Subvenciones: Escuela Naval Almirante Padilla – Facultad de Ingeniería Naval

no lineal, los investigadores han tenido que recurrir a técnicas basadas en inteligencia artificial, siendo la lógica difusa una de las que mejores resultados ha arrojado.

Los sistemas de inferencia difusos, o borrosos, han demostrado un gran potencial para presentar la dinámica de un sistema mediante reglas difusas del tipo SI-ENTONCES (IF-THEN), siendo su mayor atractivo su capacidad para describir los sistema reales de manera similar a como lo interpreta un operador humano. Inicialmente, un sistema difuso era construido a partir de la información suministrada por un experto. Sin embargo, muy pronto apareció el problema de que para sistemas complejos y parcialmente desconocidos el modelo difuso así construido no alcanzaba resultados satisfactorios [10]. Por esta razón, en los últimos años se percibe un creciente auge de los investigadores en el desarrollo de métodos automáticos para construir un sistema difuso a partir de datos experimentales de entrada y salida [1]-[17],[19]-[24].

Una de las primeras propuestas para diseño automático de sistemas difusos a partir de los datos es la denominada table look-up écheme propuesta por Wang [24]. En 1993, Sugeno y Yasukawa [23] propusieron una metodología para identificación de parámetros de modelos difusos empleando consecuentes tipo singletons, pero requiere de muchas reglas y presenta una pobre capacidad de descripción. Otros métodos importantes emplean el gradiente descendente, técnicas de agrupamiento o clustering y algoritmos evolutivos. Con excepción del último método todos requieren de un diseño previo de las funciones de pertenencia.

La técnica más adecuada para la obtención de modelos borrosos han sido los algoritmos de agrupamiento borroso, siendo los métodos de Fuzzy C-Means y de Gustafson-Kessel [12] los más empleados. Se han realizado diversas variaciones a estos algoritmos de agrupamiento. Nauck y Kruse [17],[18] proponen técnicas de agrupamiento neuro-difusas; Espinosa y Vandewalle [7],[8] presentan una metodología para extraer reglas a partir de los datos en un marco de integridad lingüística incluyendo algoritmos de fusión para agrupar conjuntos cuyos valores modales estén a una distancia muy cercana. Sala [21],[22] introduce una novedosa técnica basada en el error de inferencia para aproximar funciones empleando partición suma 1 con conjuntos triangulares; Diez et al [5] proponen variaciones a los algoritmos de agrupamiento para mejorar la interpretabilidad y descubrir estructuras afines locales en los

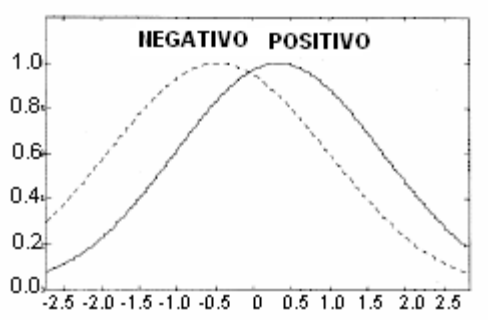
modelos borrosos obtenidos. Paiva y Dourado [19] presentan un modelo generado por medio del entrenamiento de una red neuro-difusa implementado en dos fases: en la primera fase, se obtiene la estructura del modelo empleando un algoritmo clustering substractivo, lo cual permite extraer las reglas a partir de datos de entrada y salida; en la segunda fase, se realiza la sintonización de los parámetros del modelo mediante una red neuronal que emplea backpropagation. Guillaume y Charnomordic [11] proponen una estrategia para generar particiones difusas interpretables a partir de los datos mediante una metodología, que denominan partición jerárquica difusa (HFP), en la que en vez de incorporar datos en cada iteración agrega conjuntos difusos. También presentan un algoritmo de fusión de los conjuntos difusos basado en métricas adecuadas que garanticen la interpretabilidad semántica. Joo y Lee [13],[14] proponen un aproximador universal para cualquier función continua en un conjunto compacto empleando un sistema difuso jerárquico en el que las salidas de las capas previas no son usadas en las partes IF de la reglas difusas sino en las partes THEN. Chen y Saif [2] proponen un sistema difuso novedoso que emplea bases de reglas dinámicas, lo que implica que las reglas pueden cambiar con las entradas y facilita su empleo tanto para modelación como para control.

El afán de generar, a partir de datos, sistemas difusos que aproximen la dinámica de un sistema con alta precisión ha conllevado a otro problema: la pérdida de interpretabilidad del sistema difuso generado. Hay tres criterios básicos que definen la interpretabilidad (Espinosa y Vandewalle [7], Paiva y Dourado [19]) de un modelo borroso:

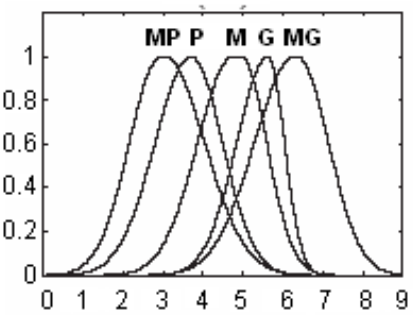
1) Distinguible: cada etiqueta lingüística debe tener significado semántico y cada conjunto borroso debe tener un rango definido en el universo de discurso. Las funciones de pertenencia deben ser claramente diferentes.
2) El número de funciones de pertenencia: no debe exceder de 9 términos distintos
3) Número de reglas: debe ser limitado, aunque en este punto no existe consenso sobre un número máximo de reglas.

La figura 1 muestra dos casos que suelen presentarse luego del proceso de entrenamiento para obtener un modelo difuso a partir de datos de entrada y salida. En la figura 1(a), un valor puede tener una pertenencia alta en el conjunto NEGATIVO y al mismo tiempo una

pertenencia alta en el conjunto POSITIVO, indicando que es bastante negativo y al mismo tiempo bastante positivo, lo que resulta incomprensible para un ser humano; en la figura 1(b), se muestra una partición con 5 conjuntos: MUY PEQUEÑO, MP, PEQUEÑO, P, MEDIANO, M, GRANDE, G, y MUY GRANDE, MG. En este caso, un elemento puede tener pertenencia en todos los conjuntos; por ejemplo, el valor 4 puede considerarse muy pequeño, pequeño, mediano, grande y muy grande a la vez, lo cual resulta simplemente absurdo.



1(a)



1(b)

Figura 1. Particiones que violan la interpretabilidad

2. ERROR DE INFERENCIA

En lógica borrosa es común tratar con reglas del tipo “Si u es A, entonces y es B”, donde u y y representan dos variables numéricas, y A U y B Y, son dos conjuntos borrosos de entrada y salida respectivamente, definidos en los universos U y Y. La regla mencionada es equivalente a la inecuación

$$u_A(\mathrm{u}) \leq u_B(\mathrm{y}) \qquad (1)$$

El error de inferencia ε, concebido como la distancia conceptual al conjunto conclusión de la regla, está definido por Sala (1998) como

$$\in\approx\begin{cases} 0 & \cdots \quad u_A(\mathrm{u}) \le u_B(y) \\ u_A(\mathrm{u}) - u_B(y) & \ldots \quad u_A(\mathrm{u}) > u_B(y) \end{cases} \qquad (2)$$

El método propuesto para crear un sistema borroso basado en reglas que se aproxime a una función de una entrada una salida, con un error de inferencia nulo, debe cumplir con la condición

$$u_A(\mathrm{u}) = u_B(\mathrm{y}) \qquad (3)$$

lo cual minimiza el error de inferencia del modelo borroso obtenido. En el caso de una regla del tipo "Si u es A, entonces y es B". Si el sistema tiene n entrada se debe representar por una regla del tipo "Si u1 es A1 , u2 es A2 , …, um es Am, entonces y es B", por lo cual el sistema generado deberá cumplir con la condición

$$((u_{A1}(x_k) \wedge (u_{A2}(x_k) \wedge \ldots \wedge (u_{Am}(x_k)) = u_B(y_k) \qquad (4)$$

donde $\wedge$ representa un operador de conjunción o de combinación de la lógica borrosa.

Si se emplean consecuentes tipo singleton, solo se consideran los valores modales de las funciones de pertenencia del antecedente, considerando que la ubicación del valor modal de la función de pertenencia triangular en el consecuente se puede asimilar a un singleton.

3. IDENTIFICACIÓN BORROSA

3.1 Estructura del Modelo Borroso

Buscando un equilibrio entre la aproximación numérica y la interpretabilidad del sistema borroso resultante se consideran los siguientes criterios para la selección de los parámetros

Funciones de Pertenencia

La partición de los universos de las variables de entrada en el proceso de aprendizaje se hace con conjuntos triangulares normalizados con solapamiento específico de 0.5. Las funciones de pertenencia triangulares permiten la reconstrucción del valor lingüístico en el mismo valor numérico, luego de aplicar un método de defuzzyficación [20]; además, el solapamiento en 0.5 asegura que los soportes de los conjuntos difusos sean diferentes.

Los conjuntos difusos generados para la variable de salida son tipo singleton.

Distribución de las Funciones de Pertenencia

Los conjuntos difusos triangulares de las variables de entrada se distribuyen uniformemente en cada universo respectivo de manera tal que cada uno de los elementos de los universos de discurso de cada variable debe pertenecer, al menos, a un conjunto difuso.

Operadores

Para la combinación de los antecedentes se emplea un operador de combinación tipo OWA, como se muestra en (6)

Método de Inferencia

El método de inferencia empleado está dado por

$$f(x^{(i)}) = \frac{\sum_{j=1}^{L} \delta_j m_j\left(x^{(i)}\right)}{\sum_{j=1}^{L} m_j\left(x^{(i)}\right)} \qquad (5)$$

donde

$$m_j(x^{(i)}) = u_{A_1^j}(x_1^{(i)}).u_{A_2^j}(x_2^{(i)}).\ldots.u_{A_n^j}(x_n^{(i)}) = \frac{u_{A_1^j}(x_1^{(i)}) + u_{A_2^j}(x_2^{(i)}) + \ldots + u_{A_n^j}(x_n^{(i)})}{n} \qquad (6)$$

es el grado de la salida de la j-ésima regla con *n* antecedentes, δ_j es el valor del singleton correspondiente a la regla *j*.

3.2 Algoritmo De Identificación Borrosa

El algoritmo para generación de sistemas difusos interpretables a partir de los datos se basa en la minimización del error de inferencia. Solo requiere la definición previa de la forma de las funciones de pertenencia que conformarán la partición del antecedente y calcula el número y la distribución final de las funciones de pertenencia del antecedente, garantizando partición suma 1, así como las posiciones de los consecuentes, del tipo singleton.

Dado una colección de datos experimentales de entrada y salida $\{x_k, y_k\}$, k =1, ..., N, donde x_k es el vector de entrada p-dimensional $x_k^1, x_k^2, \ldots, x_k^p$ y y_k es el vector unidimensional de salida

a) Organización del conjunto de *N* pares de datos de entrada – salida $\{(x_i, y_i) \mid i = 1,2,...,N\}$, donde $x_i \in \Re^p$ son vectores de entrada y y_i son escalares de salida.
b) Determinación de los rangos de los universos de cada variable de acuerdo a los valores máximos y mínimos de los datos asociados $[x_i^-, x_i^+]$, $[y^-, y^+]$.
c) Distribución de las funciones de pertenencia triangulares sobre cada universo. Se tiene como condición general que el vértice con valor de pertenencia uno (valor modal) cae en el centro de la región cubierta por la función de pertenencia mientras que los otros dos vértices, con valor de pertenencia iguales a cero, caen en los centros de las dos regiones vecinas. Para poder aproximar eficientemente los extremos inferior y superior de una función representada por los datos es necesario que en la partición triangular las funciones de pertenencia que cubren el inicio y final del universo coincidan sus vértices con valor de pertenencia uno con sus vértices izquierdo y derecho respectivamente, como se aprecia en la figura 2.

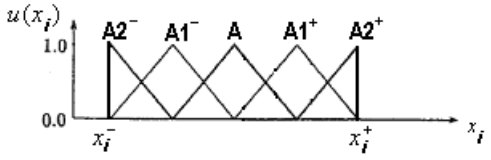


Fig. 2. Partición triangular suma 1

d) Cálculo de la posición de los valores modales de la(s) variable(s) de entrada, de acuerdo a

$$\text{if } u_{A_k^{(n)}}(x_k^{(i)}) = 1$$
$$ys_k^{(n)} = y[i] \qquad (7)$$
$$\text{end}$$

donde $ys_k^{(n)}$ corresponde a la proyección sobre el espacio de salida de la evaluación del dato $x^{(i)}$ de la *k*-ésima variable de entrada en el *n*-ésimo conjunto de la partición correspondiente. El valor de la salida correspondiente a dicha proyección está dado por el valor de la *i*-ésima posición del vector de salida *y*. De esta manera se aplica el criterio de error de inferencia nulo empleando consecuentes tipo singleton.

e) Determinación de las reglas. El número máximo de reglas está determinado por el número de conjuntos de cada variable de entrada multiplicado por el número de variables; es decir igual a $n \times k$. Cuando existen singletons ubicados en la misma posición, se combinan los antecedentes de acuerdo a (3) en una sola regla, lo que permite reducir el número de reglas.

f) Validación del modelo empleando el método de inferencia descrito por (5), donde δ_j es el valor del singleton correspondiente a la regla *j*.

g) Ajuste de los parámetros, reubicando los singletons de salida, empleando el método de mínimos cuadrados. La ecuación (5) puede expresarse de la forma

$$f\left(x^{(i)}\right) = \sum_{j=1}^{L} \delta_j . w_j(x^{(i)}) \qquad (8)$$

donde

$$w_j\left(x^{(i)}\right) = \frac{m_j\left(x^{(i)}\right)}{\sum_{j=1}^{L} m_j\left(x^{(i)}\right)} = w_j^i \qquad (9)$$

Los valores de salida pueden representarse como $Y = W\theta + E$, que en forma matricial está dada por

$$\underset{Y}{\begin{bmatrix} y^1 \\ y^2 \\ \vdots \\ y^L \end{bmatrix}} = \underset{W}{\begin{bmatrix} w_1^1 & w_2^1 & \dots & w_L^1 \\ w_1^2 & w_2^2 & \dots & w_L^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1^n & w_2^n & \dots & w_L^n \end{bmatrix}} \underset{\theta}{\begin{bmatrix} \bar{y}^1 \\ \bar{y}^2 \\ \vdots \\ \bar{y}^L \end{bmatrix}} + \underset{E}{\begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_n \end{bmatrix}} \quad (10)$$

donde E es el error de aproximación, el cual debe ser minimizado. Empleando la norma del error cuadrático se tiene

$$E^2 = (Y - W\theta)^2 = (Y^2 - 2YW\theta + (W\theta)^2) \quad (11)$$

La solución a este problema de mínimos cuadrados está dada por

$$\frac{\partial E^2}{\partial \theta} = 0 = -2YW + 2W^T W\theta \quad (12)$$

de donde se obtiene

$$\theta = \frac{Y^T W}{W^T W} = (W^T W)^{-1} Y^T W \quad (13)$$

Esta solución es válida si $(W^T W)$ es no singular; en caso contrario la estimación por mínimos cuadrados debe hacerse de manera recursiva.

h) Terminar si la medida del error cuadrático medio MSE es menor a una medida previamente establecida. De otra manera, incrementar en 1 el número n de conjuntos de la variable de entrada y volver al paso c).

Con el algoritmo descrito se consigue un modelo difuso interpretable con una buena precisión y solo se requiere del ajuste de los parámetros del consecuente, que son tipo singleton, lo que disminuye el tiempo de entrenamiento. Es posible lograr una mayor aproximación (“ajuste fino”) si al finalizar el proceso mencionado se aplica el método del gradiente descendiente para ajustar la ubicación de los valores modales de los conjuntos triangulares del antecedente,

conservando la partición suma 1 y, por lo tanto la interpretabilidad del sistema, como explica Espinosa (2005).

4. RESULTADOS

A Control de Profundidad de un ROV

Se aplicó el método propuesto a la generación de un controlador borroso interpretable, para la regulación de profundidad de un vehículo subacuático operado remotamente ROV, a partir de los datos experimentales de entrada y salidas obtenidos de la regulación realizada por un operador humano.

La figura 3 muestra el control de profundidad realizado por un operador humano que varía la profundidad del ROV desde 0 metros (superficie) hasta 1.70 metros.

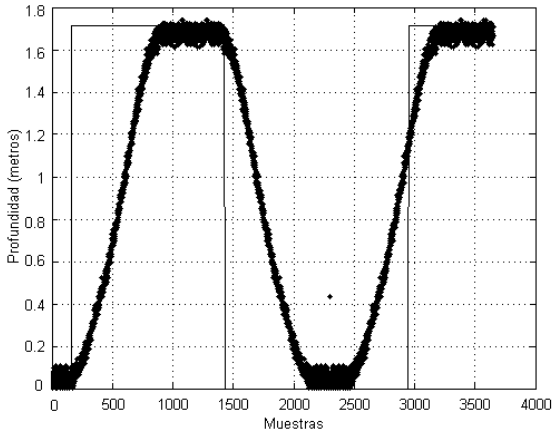


Figura 3. Regulación manual de la profundidad de un ROV

El voltaje aplicado al motor de inmersión para realizar el control de profundidad mencionado se muestra en la figura 4.

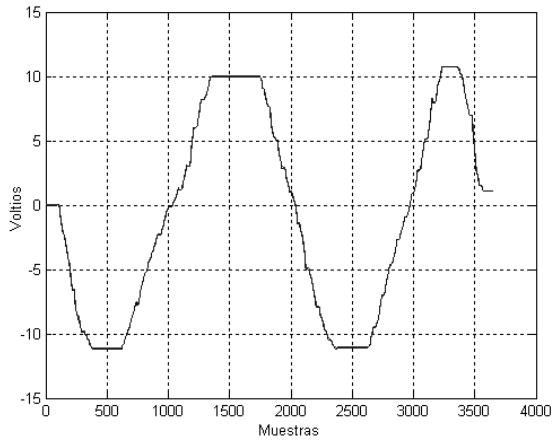


Figura 4. Voltaje aplicado al motor de inmersión del ROV

Con los datos mostrados en las figuras 3 y 4 se procedió a obtener el controlador mediante identificación borrosa de la acción de control realizado por el experto humano. Se consideraron como variables de entrada valores pasados de el voltaje aplicado u(k-2) y del error e(k-1) y como variable de salida la ubicación o profundidad del ROV y(k). Para determinar qué valores pasados de las variables de entrada debían ser seleccionados se utilizó el mismo algoritmo de identificación borrosa propuesto, probando con diferentes valores pasados y seleccionado aquel que arrojara la mejor aproximación de acuerdo a una métrica del error (error cuadrático medio).

El controlador difuso obtenido presenta dos funciones de pertenencia triangulares por cada variable de entrada u(k-2) y e(k-1), como se muestra en la figura 5. Esto quiere decir que se generaron 4 consecuentes tipo singleton.. Los conjuntos de ambas variables de entrada fueron etiquetados como Negativo N y Positivo P.

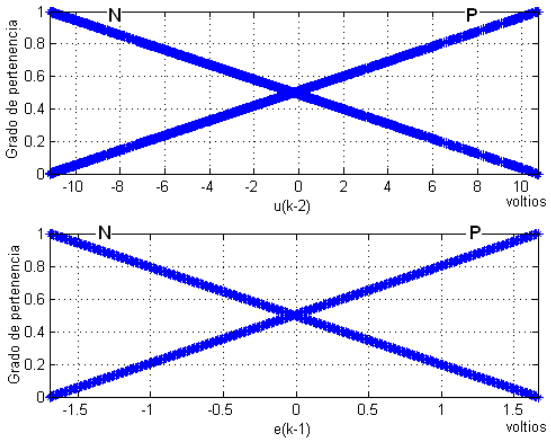


Figura 5. Partición de las variables de entrada del controlador difuso

La proyección de los valores modales generaron los siguientes consecuentes (y por lo tanto las siguientes reglas):

Función de Pertenencia	Ubicación del Consecuente
$u_N(k-2)$	-11.20
$u_P(k-2)$	10.74
$e_N(k-1)$	9.99
$e_P(k-1)$	-11.15

Existen dos consecuentes que se ubican casi en la misma posición lo que nos permite fusionarlos (en un punto intermedio) y reducir el número de reglas, así:

Función de Pertenencia	Ubicación del Consecuente
$u_N(k-2)\Theta e_P(k-1)$	-11.17
$u_P(k-2)$	10.74
$e_N(k-1)$	9.99

Donde Θ no es una T-norma sino un operador del tipo promedio.

Luego de hacer el ajuste de consecuentes mediante mínimos cuadrados, el error cuadrático medio alcanzado MSE es de 0.000298. La figura 5 muestra la comparación entre la respuesta del controlador borroso generado y la realizada por el operador humano. Se aprecia que el controlador borroso puede emular con gran precisión la labor realizada por el experto humano.

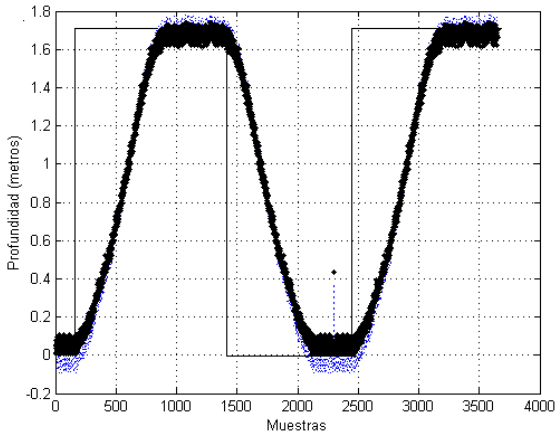


Figura 5. Comparación entre la respuesta del controlador difuso y la del experto

5. CONCLUSIONES

Se presenta un método basado en la minimización del error de inferencia para la identificación de sistemas a partir de los datos, mediante modelos difusos interpretables con ajuste de parámetros consecuentes, tipo singleton, mediante mínimos cuadrados. El método, basado en lógica difusa, no requiere del empleo de otras técnicas de inteligencia artificial.

El método se aplicó para generar un controlador difuso de profundidad de un ROV a partir de los datos generados por la acción de control realizada por un experto humano, Los resultados muestran una alta precisión.

REFERENCIAS

[1] Bessa, W. M., Dutra, M. S., Kreuser, E. (2008). "Depth control of remotely operated underwater vehicles using an adaptive fuzzy sliding mode controller", Robotics and Autonomous Systems, vol. 56 , No. 8, pp. 670-677.

[2] Chen, W., and Saif, M. (2005). "A Novel Fuzzy System With Dynamic Rule Base", IEEE Trans. Fuzzy Systems, **vol. 13**, No. 5, pp.569-582.

[3] Contreras, J., Misa, R., Murillo, L., (2008). Obtención de Modelos Borrosos Interpretables de Procesos Dinámicos. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI. Vol. 5, No. 3, pp. 70-77.

[4] Contreras, J., Misa, R., Murillo, L., (2007). Interpretable Fuzzy Models from Data and Adaptive Fuzzy Control: A New Approach. In Proceedings of IEEE International Conference on Fuzzy Systems. Pags.: 1591-1596. ISBN: 1-4244-1210-2

[5] Díez J. L., Navarro J. L., Sala A. (2004). Algoritmos de Agrupamiento en la Identificación de Modelos Borrosos. RIAI: Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial.

[6] Emami, M., Turksen, I., (1998) Goldenberg, A., "Development of a systematic methodology of fuzzy logic modeling. Transaction of Fuzzy Systems, **vol. 6**, No. 3, pp.346-360.

[7] Espinosa, J., Vandewalle, J. (2000), "Constructing fuzzy models with linguistic integrity form numerical data-afreli algorithm", IEEE Trans. Fuzzy Systems, **vol. 8**, pp. 591 – 600.

[8] Espinosa, J., Vandewalle, J., Wertz, V, Fuzzy Logic, Identification and Predictive Control. Springer. Estados Unidos. 2005.

[9] Gao, R., Kondo, E., Kajiwara, H., Koterayama, W., and Nakamura, M. (2003), "Depth Control of an Underwater Vehicle Using Linear Parameter-varying Techniques", International Journal of Offshore and Polar Engineering, Vol. 13, No. 1.

[10] Geder, J.D., Palmisano, J., Ramamurti, R., Sandberg, W.C., Ratna, B., (2008), "Fuzzy Logic PID Based Control Design and Performance for a Pectoral Fin Propelled Unmanned Underwater Vehicle", International Conference on Control, Automation and Systems 2008, Seoul, Korea.

[11] Guillaume, S., Carnomordic, B. (2004), "Generating an interpretable Family of Fuzzy Partitions Form Data", IEEE Trans. Fuzzy Systems, **vol. 12**, No. 3, pp. 324 – 335.

[12] Guztafson E. E., Kessel W. C. (1979). Fuzzy Clustering with a Fuzzy Covariance Matrix. IEEE CDC, San Diego, California, pp. 503 – 516.

[13] Joo M.G., and Lee, J.S. (2002) "Universal Approximation by Hierarchical Fuzzy Systems With Constraints on the Fuzzy Rules", Fuzzy Sets and Systems, 130(2002), pp 175-188.

[14] Joo M.G., and Lee, J.S. (2005). "A Class of Hierarchical Fuzzy Systems With Constraints on the Fuzzy Rules", IEEE Trans. Fuzzy Systems, **vol. 13**, No. 2, pp.194-203, 2005.

[15] Kim. H-S., Shin, Y-K. (2007), "Design of expanded adaptive fuzzy sliding mode controller using FBFE for UFV depth control", IEEE International Conference on Control, Automation and Systems, 2007. ICCAS '07, pp. 2654-2657.

[16] Lea, R.K.; Allen, R.; and Merry, S.L. (1999). A comparative study of control techniques for an underwater flight vehicle. International Journal of Systems Science 30(9): pp. 947—964

[17] Nauck, D., Kruse, R., (1995). "Nefclass - a neuro-fuzzy approach for the classification of data", In Proceedings of the Symposium on Applied Computing.

[18] Nauck, D., Kruse, R. (1999), "Neuro-fuzzy systems for function approximation". Fuzzy Sets and System. 101(2), pp. 261-271.

[19] Paiva, R. P., Dourado, A. (2004), "Interpretability and learning in neuro-fuzzy systems", Fuzzy Sets and System. 147, pp. 17-38. 2004.

[20] Pedrycz, W. (1994) Why Triangular Membership Functions?", IEEE Trans. Fuzzy Sets and System, vol. 64, pp.21-30, 1994

[21] Sala, A. (1998). Validación y Aproximación Funcional en Sistemas de Control Basados en Lógica Borrosa. Universidad Politécnica de Valencia. Tesis Doctoral.

[22] Sala, A., Albertos, P. (2001), Inference error minimisation: fuzzy modelling of ambiguous functions. Fuzzy Sets and Systems, 121 pp. 95 – 111.

[23] Sugeno, M., Yasukawa, T.(1993), "A fuzzy logic based approach to qualitative modeling". Transactions on Fuzzy Systems, **vol. 1**, No. 1, pp. 7-31. 1993

[24] Wang, L-X, Mendel, J.M.(1992), "Generating fuzzy rules by learning form examples", IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics, **vol. 22** ,no 6, pp. 1414-1427.

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERÍA NAVAL

Título: Análisis prospectivo estratégico del sistema de comercialización de una empresa de construcción y reparación naval. **(Caso Astisur)**

Autor: MsC. Ing. Lázaro Brito Dorticós
Coautora: Dra. C Ana Lilia Castillo Coto

CIENFUEGOS
CUBA
2008

RESUMEN

En las últimas décadas se ha venido desarrollando un interés manifiesto por todas las cuestiones relacionadas con la llamada estrategia y la necesidad de estudiar y evaluar lo conocido como potencial estratégico o la posición competitiva de la empresa, motivado por la creciente complejidad del entorno que rodea la actuación empresarial.

La Empresa Astilleros ASTISUR perteneciente al Grupo Empresarial ARGUS del Ministerio de la Industria Pesquera se encuentra inmersa en el proceso de Perfeccionamiento Empresarial, por lo que se hace necesario revisar a fondo sus mecanismos de dirección y de comercialización. La Dirección Estratégica ha sido aplicada en la práctica; pero no con todo el rigor necesario, quedando demostrado que en el estado actual no favorece del todo la eficiencia y eficacia de la organización, lo cual pone de manifiesto que no dará respuesta total a las exigencias del entorno.

En estos términos se plantea la necesidad de recurrir a la Prospectiva Estratégica como forma superior de enfrentar la problemática de la organización.

A este efecto, el presente trabajo realizado en dicha entidad, aborda un estudio a partir de la bibliografía nacional e internacional actualizada acerca de la evolución de la dirección con énfasis en la dirección estratégica, realizándose un diagnóstico de los métodos de análisis prospectivos aplicados al sistema de comercialización.

Se proponen recomendaciones, resaltándose la importancia de llevar el análisis prospectivo a todas las áreas de la empresa en su totalidad.

INTRODUCCIÓN

Nuestro estado y gobierno plantea que en la política económica **"nuestra exportación deberá diversificarse e ir modificando su estructura a favor de servicios de alta calificación que incluye una alta disciplina laboral y tecnológica"[1].**

Dentro de las perspectivas de la economía cubana se plantea que uno de los sectores determinantes será el crecimiento del sector marítimo pesquero para aportar cada vez más ingresos externos al país y es necesario crear servicios que aseguren ese incremento.

La industria pesquera deberá lograr altos ingresos a la economía resultará necesario la aplicación de la ciencia y la técnica para sostenerla e incrementarla.

Por lo antes expuesto el siguiente trabajo se realizará a partir de la caracterización de la empresa astilleros Astisur integrante del grupo empresarial Argus del Ministerio de la industria pesquera teniendo en cuenta los siguientes antecedentes. Desde el punto de vista territorial la entidad ha desarrollado un rendimiento económico desde hace algunos años lo cual ha fomentado una cultura para el cambio de la fuerza laboral, así como su preparación.

En cuanto a los antecedentes científicos técnico contamos con los estudios vinculados a la actividad marítima portuaria, a la actividad industrial pesquera y de exportación de servicios al exterior como vía de financiamiento a entidades nacionales expuestas en Publicaciones del MINCEX (Ministerio del Comercio Exterior) así como las del CEPEC (Centro para la Promoción de las Exportaciones de Cuba), creando un precedente cultural en la actividad empresarial cubana que por su magnitud, importancia e impacto económico posibilitan extender sus logros a otras ramas de la economía perfeccionando la cultura organizacional y fomentando empleos en otros sectores como transporte y almacenaje y creemos que Astisur será un ejemplo como empresa socialista en el nuevo milenio.

La no existencia de condiciones técnico-organizativas en la entidad y el desconocimiento de los directivos y especialistas de Astisur de los métodos de análisis

[1] 1998:60

prospectivo estratégico que lo conlleven a realizar un estudio de sus sistema de comercialización para consolidarse en el mercado naval nacional y proyectarse ante el Caribe exportando servicios de reparación naval y construcción de **e**mbarcaciones constituyen el problema científico de nuestro trabajo. Es decir ante la siguiente situación problémica de que la entidad inmersa en el proceso de perfeccionamiento empresarial adolece de condiciones técnico-organizativas y comerciales así como desconocimiento de su personal técnico y directivo sobre los métodos de análisis prospectivo estratégico que los conlleven a realizar un estudio de su sistema de comercialización que le posibilitaría consolidarse en el mercado naval nacional y proyectarse al exterior con una visión que la convierta en una empresa líder en el mercado naval del área del Caribe.

En el presente trabajo se proyectará el siguiente objetivo general: Evaluar las potencialidades del sistema de comercialización de la empresa para consolidarse en el mercado nacional y la exportación de determinados servicios al exterior a partir de un a***nálisis prospectivo estratégico que permita definir una estrategia adecuada.***
desconocimiento de su personal técnico y directivo sobre los métodos de análisis prospectivo estratégico que los conlleven a realizar un estudio de su sistema de comercialización que le posibilitaría consolidarse en el mercado naval nacional y proyectarse al exterior con una visión que la convierta en una empresa líder en el mercado naval del área del Caribe.

En el presente trabajo se proyectará el siguiente objetivo general: Evaluar las potencialidades del sistema de comercialización de la empresa para consolidarse en el mercado nacional y la exportación de determinados servicios al exterior a partir de un a***nálisis prospectivo estratégico que permita definir una estrategia adecuada.***
onsolidarse en el mercado nacional y la exportación de determinados servicios al exterior a partir de un a***nálisis prospectivo estratégico que permita definir una estrategia adecuada.***
Y como objetivo específico:

1. Realizar un análisis prospectivo estratégico del Sistema de Comercialización de la empresa.

DESARROLLO

Análisis Prospectivo del Sistema de Comercialización de Astisur.

3.1. Generalidades

El método de escenarios es una herramienta que se emplea en el análisis de problemas o situaciones cualitativas. Así, nos permite incluir en nuestras investigaciones factores que los métodos tradicionales no podían tener en cuenta, como por ejemplo: la aceleración del cambio en algunas áreas como las políticas, tecnológicas e industriales; la agudización de las incertidumbres y la acentuación de las inercias en sectores como el demográfico, energético y sociocultural, entre otras.

En este estudio prospectivo del sistema de comercialización de ASTISUR, donde la técnica a utilizar será la de escenarios, se parte de la idea de que el futuro es múltiple e incierto en todo momento y que, independientemente de todo, la confrontación de los diferentes actores presentes y de sus proyectos es la que determinará cuál será el futuro que efectivamente ocurra.

Con la metodología empleada se siguen tres objetivos:

- Identificar las variables claves del sistema.
- Determinar a partir de estas variables los actores fundamentales que actúan sobre ellas, teniéndose en consideración sus estrategias y medios de que disponen para realizar sus proyectos.

- Describir en forma de escenarios la evolución del sistema, sobre la base de juegos de hipótesis en relación con las tendencias más probables de las variables claves y del comportamiento de los actores.

3.2. Determinación de las variables claves

Para obtener las posibles variables que pudieran caracterizar el sistema de comercialización de Astisur se utilizaron métodos de expertos como el Delphi y el Brainstorming, así, los doce expertos que fueron seleccionados para colaborar en el desarrollo de este estudio fueron escogidos del Ministerio de la Pesca (MIP), el Ministerio de Economía y Planificación (MEP), el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), el Instituto Nacional de Investigaciones Económicas (INIE), el Centro de Estudios de Economía Cubana (CEEC), el Ministerio de Auditoría y Control (MAC), la Asociación Nacional de Economistas de Cuba (ANEC), el Ministerio del Comercio Exterior (MINCEX) e Instituciones Gubernamentales.

Mediante un primer encuentro se les comunicó a los especialistas el objetivo de dicha investigación y se les pidió que mencionaran todas aquellas variables que a su juicio podían influir en el sistema que iba a ser objeto de estudio y que las separan en variables internas y en variables externas. Las primeras son aquellas que caracterizan el fenómeno estudiado y las segundas las que caracterizan el entorno de dicho fenómeno en sus aspectos demográficos, políticos, industriales, económicos, medioambientales, etc.

Los expertos enviaron en total 40 variables, de las cuales 35 eran internas y el resto externas. Con el fin de centrarnos en las más importantes y así incentivar el trabajo de los expertos se le halló por separado el 40% a dichas variables. Resultaron 12 variables internas y 3 externas, atendiendo a los criterios de la mayoría de los expertos las cuales se caracterizan a continuación:

3.2.1. Variables internas

- **Cultura organizacional:** se refiere a los valores éticos empresariales, a la preparación del personal vinculado al sector y a la posibilidad de superación de los trabajadores.

- **Marco regulatorio:** se consideran las leyes y regulaciones del MIP y el Consejo de Ministros así como los organismos reguladores.

- **Situación nacional política, económica y social:** aquí se hace referencia a la influencia que pueda tener sobre la demanda de los clientes la estabilidad política del país, el sistema que se ha establecido en el mismo, la crisis económica en general; la pobreza, la lucha contra la corrupción e ilegalidades y demás indicadores sociales, así como las políticas que en este sentido se adoptan y la marcha de la batalla de ideas.

- **Estrategia política comercial:** se plantea la política comercial del MIP aprobados por los órganos y organismos superiores. Bajo esta variable se analiza la influencia de la misma en la entidad particularmente en su sistema de comercialización.

- **Flexibilidad al cambio:** el cambio ha existido siempre y las organizaciones en cuanto a sistemas abiertos y por tanto permeables al ambiente, han necesitado también estar en permanente adaptación. La novedad la encontraremos en la velocidad, la complejidad, la imprevisibilidad, la potencia del impacto, la discontinuidad y la generalización. Por tanto esta variable genera influencia significativa en los resultados deseados en los aspectos de eficiencia y eficacia.

- **Participación de los trabajadores:** una empresa inmersa en el proceso de perfeccionamiento empresarial debe estar matizada por un estilo de dirección participativa, de manera que le permita considerar la opinión del trabajador en el proceso de toma de decisiones.

- **Modelo económico:** aspecto a tener en cuenta por el modo de diseño que se presenta la contabilización y generación del valor agregado en la entidad (situación del control interno, auditorias.
- **Perfeccionamiento empresarial:** proceso de implantación de la nueva empresa estatal que persigue elevar la eficiencia, la productividad del trabajo, las condiciones de vida de los trabajadores y poder reinsertarnos con competitividad en la economía internacional.

- **Investigación y desarrollo:** variable de extrema importancia para el desarrollo tecnológico, económico y social de la empresa.

- **Satisfacción del cliente:** variable que está muy relacionada con la relación precio y calidad implicando que de corresponderse se satisfagan las necesidades verificándose en al servicio de postventa.

- **Mercado:** variable de concepto muy amplio donde está intrínseco la relación oferta-demanda determinando la posición empresa- cliente.

- **Rentabilidad de los productos:** variable relacionada con el éxito de las producciones y muy relacionada con la calidad ya que de esta depende la relación costo-ganancia.

Variables externas

- **Bloqueo económico:** en esta variable se hace difícil desligar el impacto que tiene el mismo sobre el país de su influencia en el sector propiamente, pero es de vital importancia que se entienda que en este caso la variable se analizará por su influencia mayormente en el sector.

- **Situación geográfica y clima:** en esta variable se tiene en cuenta la situación geográfica de Cuba que la favorece en cuanto a su clima durante el año; así, se consideran las estaciones del año en el país y en los países del área y en Cuba que influyen en las fluctuaciones de los clientes y el funcionamiento de nuestra economía; los huracanes y catástrofes naturales en general.

- **Estructura política económica internacional:** aquí se tiene en cuenta la influencia sobre el país y los clientes de las crisis económicas mundiales, la situación geopolítica en la región , los aspectos de la integración bajo el marco de la Alternativa Bolivariana para las Américas(ALBA).; la estabilidad política en los países de la Comunidad del Caribe (CARICOM), y Latinoamérica, la atención social. entre otras.

Método MIC-MAC

A continuación se llevó a cabo el estudio de las influencias directas entre todas las variables (internas sobre externas y viceversa, internas sobre internas y externas

sobre externas). Esto se hizo mediante el análisis estructural, que a través de una matriz (Matriz de Influencias Directas (MDI)) refleja las relaciones directas entre las variables que se estudian. Cada experto llenó una matriz y de ellas se obtuvo una matriz resultante. Los valores que se le dieron a la relación o influencia de una variable sobre otra fueron: (1) su acuerdo y (0) su desacuerdo.

La suma por filas de la matriz determina la motricidad de cada una de las variables sobre las demás y la de las columnas la dependencia; pero esto se ve mejor en el gráfico de influencias directas e indirectas según se muestra en la siguiente figura.

Ver presentación **(power point)**
Este gráfico tiene cuatro cuadrantes:

I. Variables motrices
II. Variables de enlace que son las más motrices y las más dependientes y por tanto las más importantes en el sistema
III. Variables autónomas
IV. Variables dependientes

Pero hay una región en el gráfico, pegada al eje central, que es donde se encuentran las variables de pelotón las cuales, al igual que las dependientes y las autónomas son excluidas de las variables claves en el MIC-MAC.

El análisis arrojó, en un inicio, que las variables motrices eran V.12 (Bloqueo económico),V13 (Estructura política económica internacional) y V14 (Situación geográfica, clima); estas con una alta motricidad y poca dependencia (externas), también clasifican entre las más motrices V.11 (Situación nacional política económica), V.7 (Estrategia política comercial), V10 (Participación de los trabajadores), V6 (Perfeccionamiento empresarial) y V5 (Modelo económico), el resto dependientes con excepción de la variable (Mercado) que clasifica como una variable autónoma.
Como se había dicho antes, no es suficiente con este análisis, pues existen variables que pueden tener una fuerte influencia sobre el sistema indirectamente, o sea, y que no se pueden detectar, estas son las denominadas variables ocultas. De esta manera se procede, con el MIC-MAC, a analizar los efectos indirectos.
La matriz se multiplica por ella misma varias veces, hasta que se van haciendo estables los índices de motricidad y dependencia. En nuestro estudio con sólo 2 iteraciones se logró esta estabilidad.

En los gráficos se observan los movimientos de las variables. **(Ver presentación power point)**

Así, las **variables claves** son:

- Situación nacional política, económica y social (V.11).
- Bloqueo económico (V.12).
- Situación geográfica y Clima (V.14).
- Estructura política económica internacional. (V.13).
- Estrategia política comercial (V.7).
- Perfeccionamiento empresarial (V6)
- Modelo económico (V5)
- Participación de los trabajadores (V10)

Todos y cada uno de los resultados que se fueron obteniendo durante el proceso se les fueron enviando a los expertos para que conocieran los resultados y los discutieran, lo que permite, incluir o excluir variables con las cuales la mayoría del grupo no está de acuerdo. De igual manera el resto de las variables no debe apartarse por completo de futuros análisis pues tienen alguna influencia en el sistema aunque esta sea pequeña.

Estudio de los actores fundamentales

El comportamiento de aquellas personas, entidades u organizaciones relacionadas con el problema de estudio a través de sus estrategias y medios para alcanzar los objetivos que se proponen es de vital importancia. De esta manera, mediante el método MACTOR (Matriz de Alianzas, Conflictos, Tácticas, Objetivos y Recomendaciones) y a partir de las variables claves vamos a determinar los principales actores que influyen sobre las mismas y a su vez en sistema.

De los expertos se obtuvo un total de 15 actores y mediante la técnica de tarjado, “que se emplea para unificar el criterio de un grupo de trabajo y que consiste en solicitar a los expertos por separado que seleccionen un cierto número de ideas más importantes del total a considerar y después por votación se elige el criterio de la mayoría”, se seleccionaron 8 actores.

Principales actores

1. Gobierno de los Estados Unidos de América (EUA): se tendrá en cuenta su poder sobre el bloqueo económico y la influencia que este ejerce sobre nuestro país y el sector de la pesca específicamente sin desligarlo de su principal objetivo que es destruir a Cuba económicamente, de esta manera, teniendo en cuenta que para evitar el arribo de clientes al país, y de que se fortalezca nuestra economía; para evitar la importación de insumos necesarios para el desarrollo del sector, el acceso a nuevas tecnologías, entre otras, el principal objetivo de este actor es recrudecer el bloqueo.

2. Instituciones nacionales gubernamentales: en este actor se incluyen todos los órganos y organismos principales que influyen de alguna manera en la toma de decisiones de las políticas seguidas en el país, ya sean con fines políticos, económicos o sociales, tales como: Asambleas Nacional, provinciales y municipales del Poder Popular, Consejo de Estado, Ministerios a fines como el MEP, el Ministerio de Finanzas y Precios, el MAC, el CITMA, el MINCEX y el Banco Central, entre otros. Son importantes pues tiene una fuerte influencia, a pesar de no ser los únicos, en la estabilidad económica, política y social del país, lo cual tiene como objetivo principal.

Este actor se tiene en cuenta pues en nuestro país las entidades y organismos no toman decisiones por separado, o sea, aunque el MIP sea el mayor responsable de que todo funcione bien en el sector, la estrategia política comercial que el mismo cree tiene que ser aprobada por los órganos superiores, tiene que contar con el plan de la economía nacional, con las políticas e ideas que sigue el país, lo cual no pueden establecer ellos, etc. De esta manera, no se le pueden atribuir objetivos específicos al MIP sin aclarar que estos son también objetivos sobre los cuales actúan fuertemente otras instituciones. Por esta razón, se tiene en cuenta dicho actor y se le atribuyen objetivos más específicos al próximo actor, por ser el que se vincule directamente con nuestro objeto de estudio.

3. MIP: este actor debe crear, dirigir y controlar su estrategia Política-Comercial; se traza como principal meta la satisfacción de las necesidades del cliente para de esta manera obtener mayores ganancias; lograr una correspondencia entre la

calidad y los precios, minimizar sus costos y todo por supuesto con el objetivo de incrementar el intercambio entre sus entidades y con el exterior, de hacer que sus productos y servicios en las ramas que nos ocupa la reparación naval y otras sean los mas atractivos.

4. Buró sindical: este es un actor de gran trascendencia para nuestro país en el caso de nuestra entidad. Dirección de una organización de masa rectora de los trabajadores que con su participación define el éxito o no del cumplimiento exitoso de las tareas encomendadas a nuestra entidad.

5. Clientes extranjeros: (Armadores) estos clientes son un importante objetivo de estudio ,para tomar decisiones en el futuro pues sobre la base de sus necesidades y exigencias se trabaja para que así elijan nuestros productos y servicios y se incrementen las ganancias en el sector.

6. MAC (Ministerio de auditoría y control): organismo nacional encargado de hacer cumplir las orientaciones de los órganos superiores en materia de control, sobre todo en el aspecto de prevención de ilegalidades y hechos de corrupción, rector de los auditores en el país de manera directa e indirecta con los que no pertenecen a él. Se califica como un organismo regulador.

7. CITMA (Ministerio de Ciencia, tecnología y medio Ambiente): crea, dirige y controla las estrategias del país en materia de prevención del medio ambiente por todas las vías, regulando las tecnologías a aplicarse dando su criterio definitorio. Organismo rector de los centros meteorológicos que regulan y vigilan desde la protección y prevención el territorio nacional así como en caso de desastres naturales como inundaciones y azotes de huracanes.

8. Clientes nacionales: son importantes objetivos de estudio ya que se trata del volumen mayor de clientes de la entidad conformado por entidades del sector y otros organismos de los cuales depende el cumplimiento de los planes económicos, así como el éxito de las distintas tareas sociales asignadas y encabezadas por la batalla de ideas.

Atendiendo a estos actores y los objetivos que tienen (algunos son en común pero que no actúan sobre ellos en la misma medida) así como los medios de que disponen, se decidió por el grupo de expertos considerar los siguientes objetivos.

Objetivos

1. Recrudecer el bloqueo.
2. Implantación del perfeccionamiento empresarial.
3. Lograr llevar adelante la batalla de ideas.
4. Desarrollar políticas comerciales y estrategias de mercado más eficiente.
5. Lograr correspondencia entre precios y calidad.
6. Maximizar ganancias.
7. Minimizar costos.
8. Satisfacer las necesidades de los clientes.
9. Prevenir aspectos de corrupción e ilegalidades.
10. Conservar el medio ambiente y prevención e información sobre desastres naturales (inundaciones y huracanes).
11. Elección del mejor producto y servicio.
12. Lograr la participación de los trabajadores en el proceso productivo que permita considerar su opinión en la toma de decisiones.

En todo este análisis es importante considerar las contradicciones de Cuba con el gobierno de los EUA, el cual influye altamente sobre el desarrollo de nuestro país y sobre las decisiones del las economías del resto del mundo; tener en cuenta que somos un país subdesarrollado, con convicciones socialistas y atípico al resto del mundo.

Método MACTOR. Juego de actores

Con la información disponible, se le pidió a cada uno de los expertos que llenara dos matrices, una donde se evaluara la posición de los actores frente a cada uno de los objetivos propuestos (MAO), en una escala de valoración de –3 a 3 para determinar el carácter fuerte, medio o débil de su oposición o concordancia, donde:

-3: actor fuertemente en contra del objetivo
-2: actor medianamente en contra del objetivo
-1: actor débilmente en contra del objetivo
0: actor indiferente ante el objetivo
+1: actor débilmente a favor del objetivo
+2: actor medianamente a favor del objetivo

+3: actor fuertemente a favor del objetivo

Una segunda matriz donde se evaluara la influencia de cada actor sobre el resto (MAD), atendiendo a los medios de que disponen, utilizando una escala de 0 a 3, de modo que:
0: influencia nula
1: influencia débil
2: influencia media
3: influencia fuerte

En ambos casos se construyó una matriz resultante atendiendo al criterio de la mayoría.

En la matriz actores / objetivos se observa el desacuerdo total del gobierno de los Estados Unidos con todos aquellos objetivos que de una forma u otra beneficien a la estabilidad del país, así como al desarrollo del sector en específico (objetivos del 2 al 12), siendo lo único importante para ellos recrudecer el bloqueo hasta cumplir su principal meta: destruirnos económicamente.

En el caso de Cuba, todos los actores a su vez están en total desacuerdo con el objetivo 1, el recrudecimiento del bloqueo, excluyendo por supuesto a su principal creador, incluso los armadores se oponen porque pertenecen a países subdesarrollados del área que quieren comerciar con nuestro país , la mayoría están de acuerdo y lo expresan. Al parecer, por el momento, el punto del bloqueo no es negociable entre el gobierno de Cuba y el de los EUA, la tendencia es a recrudecerlo no a eliminarlo.

También coinciden los actores cubanos, en la misma medida y positivamente, con el resto de los objetivos, lo que es favorable para el sector desde el punto de vista que tienen los mismos fines y de esta manera puede cada uno dar su opinión desde un punto de vista diferente, o sea, atendiendo a los medios de que disponen y a su posición. Dentro de estos actores se encuentran los organismos reguladores el (MAC) y el (CITMA) de los cuales podemos valorar en que hay varios objetivos que no esta ellos fuertemente a su favor pero es solo porque tienen la tarea de dedicarse específicamente a su misión principal, la prevención de las ilegalidades y la corrupción y la alerta cuidado y prevención del medio ambiente orientado por la dirección del país. En lo demás apoyan a los otros actores totalmente.

A los clientes extranjeros les interesa al máximo que se logre una correspondencia de los precios con la calidad para así satisfacer sus necesidades pagando lo justo por el servicio que recibieron o el producto escogido; asimismo están de acuerdo en alguna medida con el objetivos 4 porque les favorece, pero ellos más bien piensan en que el producto o el servicio esté acorde a sus necesidades, en si hay calidad o no en lo ofertado y no en los mecanismos que tiene el organismo superior para crear, controlar y dirigir sus estrategias. El desacuerdo con la maximización de ganancias del sector consiste en que de cierto modo a los mismos le es indiferente siempre que satisfagan sus necesidades, pero cuando no pasa así van en contra de la misma.

Los actores cubanos están a favor de que los clientes elijan el mejor producto o servicio, pero no pueden decidir por ellos, sólo crear estrategias que hagan el producto o servicio más atractivo, que los haga más competitivos y así crear una imagen en el país y el mundo; no obstante, los clientes siempre van a tener sus necesidades y exigencias, lo que hay que hacer es estudiar los mercados y trabajar en base a estos.

Ahora pasamos a determina las posibles alianzas y conflictos entre los actores. Primero multiplico la MAO por su traspuesta y se obtiene la 1MAO (Matriz de posiciones simples), que me separa los productos positivos de los negativos y así me posibilita obtener la posición común favorable o desfavorable entre los actores (alianzas), así como la posición divergente (conflictos). De esta manera se pueden determinar los objetivos en los que pueden aliarse los actores y en los que están en contradicción.

Si vemos las primeras matrices de convergencia (1CAA) y divergencia (1DAA) entre actores y la matriz de posiciones simples podemos concluir que los actores cubanos podrían aliarse para lograr los objetivos del 2 al 12 e incluso para disminuir los efectos del bloqueo sobre el sector.

De la matriz resultante de los medios de acción directos entre los actores (MAD), la cual resultó del criterio de los expertos, se obtienen las relaciones de fuerza aparentes y un análisis de la sumatoria por filas y columnas de la misma me permite ver cuáles son los actores más influyentes o motrices y cuáles los más influidos o dependientes; pero, un actor puede influir sobre otro por mediación de un tercero, es decir aunque el Ri.
(Por ciento de participación) es bajo determinado por el grado de dependencia (Di) y motricidad (Mi) hay actores que en la matriz de alianzas coinciden y están al lado de

actores fuertes y te pueden crear un conflicto, por lo que se hace necesario analizar la matriz de medios indirectos, que se obtiene multiplicando la MAD por ella misma.

De ello se concluye que el actor más motriz es las instituciones nacionales gubernamentales y los más dependiente los clientes nacionales y extranjeros así como el MIP, visto en gráfico de dominación **(ver presentación)**. Es importante analizar que el gobierno de los EUA ejerce una gran influencia sobre el sistema y que es menos dependiente que las instituciones gubernamentales a pesar de ser menos motriz que estas. Esto influye en que el actor que más fuerza tenga sobre el sistema sea el gobierno de los EUA, determinado por su mayor coeficiente de fuerza que es su acción de poder sobre otro actor, porque puede actuar libremente sin contar con estas instituciones, lo cual no pueden hacer estas, las mismas tienen que tener en cuenta en todo momento las presiones del mismo sobre el país.

Es una señal muy positiva que también aumente la convergencia entre los actores cubanos, lo que significa que pueden aliarse en la búsqueda de nuevas ofertas, en su diversificación.

La convergencia entre el resto de los actores y los clientes indica que se refuerzan las alianzas entre estos cada vez más, claro que esto siempre va a depender de cuán satisfechos se sientan los mismos, de cuán competitivos seamos, de nuestras condiciones económicas y del desarrollo positivo de ciertas variables como las que se expusieron al principio.

El objetivo 7 (minimización de costos), puede ser favorable a pesar de la neutralidad de los armadores, pero el gobierno de los EUA influye fuertemente en esto pues es un país altamente desarrollado del cual podemos obtener algunos productos a más bajos precios, así como de otros países que el bloqueo económico no nos permite negociar con ellos y que nos pueden ayudar a minimizar los costos en el sector. Claro, las entidades vinculadas al sector deben tratar de minimizar sus costos al máximo y crear una estrategia que a su vez sea un facilitador en la maximización de las ganancias.

Conformación de los posibles escenarios. Método SMIC

Para elaborar los escenarios finales se utilizará el método SMIC (Sistemas y Matrices de Impactos Cruzados), para lo cual se necesita un conjunto de hipótesis generadas a partir del análisis con los expertos tomando como antecedentes a las variables claves, al comportamiento de los actores involucrados y los campos de batalla, así como otros

modelos dentro de los cuales podemos considerar los modelos matemáticos. Estas hipótesis se considerarán como eventos que pueden ocurrir o no.

Este método va a determinar las probabilidades simples y condicionadas de las hipótesis, así como las probabilidades de combinaciones de las mismas teniendo en cuenta las interacciones entre ellas.

Los posibles eventos fueron generados por los expertos en sesiones de trabajo en grupo. Atendiendo a las hipótesis cada experto debía elaborar dos matrices, porque el programa me permite entrar cada una de las matrices por experto, pero en nuestro estudio se escogió un experto representativo del grupo, escogido por ellos mismos y después se le consultó el resultado al resto.

Hipótesis

El SMIC tiene como base de partida 5 ó 6 hipótesis fundamentales aunque pudiera tener hipótesis complementarias. De esta manera los expertos evaluaron la probabilidad simple de realización de una hipótesis con valores de:
(0.10, 0.20)- muy improbable
(0.30, 0.40)- improbable
(0.50, 0.60)- medianamente probable
(0.70, 0.80)- probable
(0.90, 1.00)-muy probable

Además, el experto tendría que evaluar bajo forma de probabilidad condicional la realización de una hipótesis respecto a todas las demás. Se representaría de la siguiente forma:

1) P (i, i)= P (Hi=1); P (i, j)= P (Hi=1 / Hj=1)
2) P (i, i) =P (Hi=0); P (i, j) = P (Hi=1 / Hj=o)

En (1) sería la probabilidad simple de ocurrencia de cada evento (valores de la diagonal), el resto de la matriz sería la probabilidad de que ocurra Hi dado que ocurra Hj.

En (2) las probabilidades simples son cero y hallaríamos las condicionales: Hi dado que no ocurra Hj.
Las hipótesis fueron las siguientes:

H1: Mejoramiento de la situación económica social nacional
H2: Aumento de la incidencia de fenómenos y desastres naturales (inundaciones y Huracanes
H3: Aumento de clientes (armadores extranjeros)
H4: Recrudecimiento del bloqueo
H5: Aumento de la posibilidad de financiamiento del sector
H6: Aprovechamiento al máximo de las capacidades

En las matrices iniciales observamos que en cuanto a la H1 el mejoramiento de la situación económico social nacional va en ascenso, no obstante hemos sido bastante conservadores pues si bien hemos avanzado notablemente en el sector de los servicios y así lo muestran los resultados de crecimiento económico del 2005 y marchar hacia la invulnerabilidad económica, el efecto del bloqueo y el peligro de una guerra imperialista nos hace ser bastante conservadores a la hora de valorarlo positivamente ante el incumplimiento de las otras hipótesis calificándolos entre 0.40 y 0.20 desde una disminución de la incidencia de los fenómenos naturales disminuirían los clientes aunque no existe recrudecimiento del bloqueo disminuyendo la posibilidad de financiamiento y el no aprovechamiento al máximo de las capacidades.
En cuanto a la H2 el aumento de la incidencia de los fenómenos naturales cuestión que se ha acentuado notablemente en los últimos años y un no mejoramiento de la situación económica seria medianamente probable (0.60) de acuerdo a las afectaciones; pero sujeto también a la capacidad de recuperarnos. También seria medianamente probable (060) que disminuyeran los clientes, pues en el caso de la rama naval por concepto de afectaciones debía producirse mayor afluencia de armadores. Siendo muy improbable (0.20) que no se recrudezcan las medidas de bloqueo, medianamente probable (0.60) que disminuya la posibilidad de financiamiento, de acuerdo a las experiencias que se van adquiriendo en el control de los recursos y siendo improbable (0.40) que se aprovechen al máximo las capacidades.
El aumento de los clientes H3 se valoró de la siguiente forma: Si no mejora la situación económica sería medianamente probable (0.60) por concepto de bajas ofertas de servicios de reparación y la calidad de los mismos. Ante la no incidencia de fenómenos naturales sería improbable (0.40) dado el sector que tratamos que son

los armadores extranjeros que se rigen por los requisitos de las compañías de seguros. Se coincidió en que sería probable (0.80) un aumento de clientes ante un no recrudecimiento del bloqueo, mientras sería muy improbable (0.20) si no aumentan las posibilidades de financiamiento así como que se concluyó que sería improbable (0.40) que aumentaran los mismos si no se aprovechan al máximo las capacidades.

Para la H4, las contradicciones de Cuba con el gobierno de los EUA tienden a agudizarse y se demostró en el MACTOR, es por eso que la tendencia es a recrudecer el bloqueo, lo que le da una probabilidad alta (0.80). No se da como muy probable porque seríamos muy absolutos y tenemos a favor que en el mundo cada vez hay más países que se manifiestan contra del bloqueo económico impuesto a Cuba, aunque esto no sea todo lo que se necesita. La posibilidad de que se recrudezca el bloqueo cuando disminuyan los clientes es muy improbable (0.20); el mismo existe y el interés de comerciar con Cuba incluyendo productores norteamericanos es lo que provoca su recrudecimiento. La posibilidad de que recrudezca el bloqueo ante una disminución de clientes es muy improbable (0.20), el mismo existe y su objetivo final es la destrucción de la revolución, el mismo interés de comerciar con Cuba de incluso productores Norteamericanos es lo que produce su arreciamiento.

H5: El aumento de la posibilidad de financiamiento cuando no se produzca un mejoramiento de la situación económica nacional sería medianamente probable (0.60) pues estaría sujeto a los resultados de nuestro crecimiento económico y la ayuda de países amigos y aunque disminuya la incidencia de fenómenos naturales y desastres no sería probable (0.40) tampoco. Se coincidió que sería muy improbable (0.20) el cumplimiento de H5 ante la disminución de cliente como sería probable (0.80) ante un no recrudecimiento del bloqueo, pues se aplicaría su extraterritorialidad en menor medida.

Se concluyó que el cumplimiento de H5 al no aprovecharse al máximo las capacidades sería improbable (0.40) y que perderíamos mucho por falta de eficiencia de las instalaciones.

El cumplimiento de H6 Aprovechamiento al máximo de las capacidades ante el no mejoramiento de la situación económica sería medianamente probable (0.60) al igual que si disminuyen los fenómenos naturales, los clientes y disminuye la posibilidad de financiamiento, ya que H6 depende mucho de estabilidad del colectivo y el estado y eficiencia con que se usen las instalaciones y la preparación del capital humano, además existen otras alternativas como son las tareas de la batalla de idea asignadas por la dirección del país. En cuanto al cumplimiento de H6 cuando no se cumpla H4 el recrudecimiento del bloqueo se acordó que era muy improbable (0.20), el bloqueo ya

existe y el aprovechamiento que tenemos que lograr conviviendo con el mismo depende en gran medida de la eficiencia con que trabajemos y nuestros resultados.

Selección de escenarios. Análisis

La ocurrencia o no, en el horizonte de tiempo contemplado, de los seis eventos genera un total de 64 escenarios tomando en consideración todas las combinaciones posibles de ocurrencia. De esta forma un escenario podría estar dado por la ocurrencia o no del evento, siendo (1) si ocurre y (o) si no ocurre.

Se deben seleccionar al menos tres o cuatro escenarios, entre los cuales debe haber un escenario referencial o más probable y escenarios contrastados, que son aquellos que construidos sobre imágenes del futuro podrían ser deseados o temidos y son voluntariamente extremos. Se seleccionarán, dentro de los 4 más probables, un escenario referencial, y 2 escenarios contrastados (el más pesimista y el más optimista).

Escenario referencial o más probable: Que no exista un mejoramiento de la situación económico social nacional y que no aumente la incidencia de fenómenos y desastres naturales disminuyendo la afluencia de clientes (Armadores extranjeros) no recrudeciéndose el bloqueo ni aumentando la posibilidad de financiamiento del sector ni el aprovechamiento al máximo de las capacidades.

Escenarios contratados (Construidos sobre imágenes de futuro).

Deseado: Que mejore la situación económica social nacional, que no aumente la incidencia de fenómenos naturales, que mejore la afluencia de clientes por contratos estables con el país en el marco del ALBA y otras formas de integración, que no se recrudezca el bloqueo para que aumente la posibilidad de financiamiento y con ello el aprovechamiento al máximo de las capacidades.

Pesimista: Que no mejore la situación económico social nacional, aumentando la incidencia de fenómenos naturales, disminuyendo los clientes por ausencia de contratos, recrudeciéndose el bloqueo, disminuyendo la posibilidad de financiamiento y el aprovechamiento al máximo de las capacidades.

CONCLUSIONES PARCIALES

La prospectiva surge como una necesidad de sustituir los métodos clásicos y de previsión que consistían en prever el futuro tomando como base el pasado: pero estos métodos resultaron ser insuficientes para comprender y dominar los cambios estructurales observados en la evolución del mundo contemporáneo (no solo a la economía, sino también a la sociedad y en la cultura), el cual se tornaba cada vez más complejo y además excluían toda noción de libertad y el, juego de actores.

De esta manera la metodología propuesta, y que se ha utilizado en estudios fuera del país, consta de cinco fases.

1. El análisis de la situación económica y la búsqueda de las variables estratégicas.
2. La identificación de las variables claves del sistema y de sus interrelaciones.
3. La anticipación y comprensión de las evoluciones futuras.
4. La elaboración de los escenarios prospectivos de la empresa.

Para ello se emplea el método de escenarios que se combina y complementa con el análisis estructural. El análisis estructural ofrece la posibilidad de describir un sistema con ayuda de una matriz que relaciona todos los elementos que constituyen un determinado sistema con ayuda de una matriz que relaciona todos los elementos que constituyen un determinado sistema y que permiten ver las variables más dependientes y las que más influyen en la evolución de dicho sistema.

Estas variables pueden tener la influencia directa de otras variables y que se les denominan ocultas. Para detectarlas se usa el método MIC – MAC (matriz de impactos cruzados multiplicación aplicada a una aplicación), del cual puede finalmente, obtener las variables claves del sistema (variables motrices y de enlace posteriormente el Juego de Actores mediante el método MACTOR obteniéndose los actores y objetivos y en base a esto se plantean las hipótesis como premisa de elección de los escenarios que permiten definir las opciones estratégicas. Los escenarios no son el fin en si mismos, son una ayuda para selección y prever respuestas adecuadas a las distintas circunstancias posibles que se pueden presentar, tomando en consideración las consecuencias que de todos los puntos de vista puedan acarrear las distintas situaciones empleadas.

Los expertos juegan un papel esencial en todo el estudio prospectivo, de ahí la importancia de hacer buena selección de los mismos basada en los conocimientos que tengan acerca del tema de estudio.

CONCLUSIONES

1. El entorno en la actualidad se encuentra en constante cambio, lo que ha llevado a las organizaciones a diseñar estructuras y comportamientos dinámicos así como a la necesidad de estudiar y evaluar el potencial estratégico, que persigue una constante adaptación de la empresa al entorno para mejorar el futuro a través de adecuadas acciones estratégicas. En Cuba, al calor de sectores emergentes de la economía y de un programa nacional de Perfeccionamiento Empresarial, se reconoce la necesidad de aplicar progresivamente nuevos conocimientos sobre prácticas de gestión empresarial en busca de mejorar la eficiencia y la eficacia de las organizaciones.

2. La Empresa Astilleros ASTISUR perteneciente al Grupo Empresarial ARGUS del Ministerio de la Industria Pesquera se encuentra inmersa en el proceso de Perfeccionamiento Empresarial, por lo que se hace necesario revisar a fondo sus mecanismos de dirección y de comercialización. La Dirección Estratégica ha sido aplicada en la práctica; pero no con todo el rigor necesario, quedando demostrado que en el estado actual no favorece del todo la eficiencia y eficacia de la organización, lo cual pone de manifiesto que no dará respuesta total a las exigencias del entorno. En estos términos se plantea la necesidad de recurrir a la Prospectiva Estratégica como forma superior de enfrentar la problemática de la organización.

3. Existen en la organización factores favorecedores a la implementación de la Dirección Estratégica a partir de la prospectiva, dado fundamentalmente por la disposición del personal directivo para acometer la implantación de un nuevo sistema de gestión, el fuerte nivel de comprometimiento de los cuadros con la organización y la conciencia y disposición a adquirir nuevos conocimientos y mejorar las actuales herramientas de dirección.

4. Existen elementos en la organización que entorpecen la posibilidad de implementación de una estrategia de mercado de nuevo tipo encontrándose la mayoría en la actual planificación estratégica, que no responde a las necesidades actuales.

5. Se considera que solo es factible una gran eficiencia y eficacia en la organización a partir del redimensionamiento de la planificación estratégica actual corroborando la importancia del análisis prospectivo. Considerándose este el punto de partida para acometer las acciones de implementación de las opciones estratégicas propuestas como programa en este trabajo.

RECOMENDACIONES

1. Aprovechar las oportunidades y cumplir con los requisitos del Registro Central de Buques (RCB, Sociedad Clasificadora) para estar en mejores condiciones de insertarse en los escenarios que nos esperan en el futuro.

2. Hacer extensivo el uso de los métodos prospectivos a todas las áreas de la entidad de forma específica, comenzando por un proceso de capacitación del personal seleccionado para aplicar dichos métodos.

3. Hacer una rigurosa y adecuada selección de los expertos que brindaran la información necesaria para el estudio prospectivo para el resto de la entidad.

4. Utilizar los nuevos métodos de comunicación, dígase correo electrónico, fax para obtener información de los expertos de manera más rápida por el grupo que lleve a cabo el estudio para garantizar que la información sea más fluida.

“CONTROL Y PROTECCIÓN BIOLÓGICA DE LAS INSTALACIONES DE VARADA Y PUESTA A FLOTE.”

MSc. Ing. Roberto Luís González Suárez.
Director UEB Oficina Centro, Registro Cubano de Buques.
Calle 37 No 1206, Cienfuegos, CUBA, CP: 55100. Telefax: (53) (43) 513905.
e-mail. director.rcbcfg@enet.cu

RESUMEN

El presente trabajo da continuidad a una primera investigación realizada por este propio autor sobre el tema de la inspección y certificación que el Registro Cubano de Buques (RCB) realiza en la zona costera cubana**.** En éste se evalúa el impacto ambiental que tienen las limpiezas mecánicas realizadas a los cascos de los buques en Varaderos y Diques Flotantes de los Astilleros. La evaluación fue posible con la aplicación de varios métodos y técnicas de investigación, tales como: la entrevista, análisis de documentos, recolección de datos y la observación en la bahía de Cienfuegos, que demostraron que esta limpieza mecánica sin control ni medidas de seguridad biológicas, pueden introducir en nuestras aguas especies invasivas y cualquier otro tipo de contaminación biológica mediante la introducción de algas, moluscos y crustáceos vivos, de forma involuntaria o con ese propósito, surgiendo la necesidad de establecer regulaciones que controlen y minimicen este impacto.

ABSTRACT

The present paper is a continuation of a first research developed by this author on the topic of the inspection and certification functions that the Cuban Register of Ships (RCB) performed in the Cuban coastal zone. It evaluates the environmental impact of ship’s hull scraping in slipways and floating docks in shipyards. The evaluation was possible through the use of various research methods and techniques, such as: interviews, analyses of documents, data collection and observation in the bay of Cienfuegos; all of which demonstrated that hull scraping, performed without any biological safety control, can introduce invasive species in our waters, as well as any other type of biological contamination through the introduction of viable species of algae, mollusks, and crustaceous, made in an involuntary or intentional way; being necessary to control and minimize these impacts.

INDICE

I- Introducción (Descripción del Problema y Solución) \ 3

II- Desarrollo \ 4

III- Efecto Económico \ 9

IV- Conclusiones y Recomendaciones \ 10

V- Bibliografía \ 11

VI- Anexos \ 14

VIII- Avales \ 15

I – INTRODUCCION (Descripción del Problema y Solución).

Las preocupaciones sobre el medio ambiente invaden cada día más la vida diaria de todos los ciudadanos de este planeta, cada vez se escucha y con mas frecuencia, como en el mundo contamina la atmósfera con la desmedida actividad industrial del mundo desarrollado, se talan indiscriminadamente los bosques, se contaminan los ríos y los mares y desaparecen especies que ni siquiera se llegan a conocer, poniendo en peligro de extinción la vida de la propia especie humana.

Por tal razón, y siendo de conocimiento de todos que las actividades antrópicas de mantenimientos y reparaciones de los cascos de los buques que se realizan en la zona costera, en las instalaciones de varada y puesta a flote, generan desechos, y desconociéndose el impacto de cada una de éstas operaciones, es por ello que se centra el **Problema Científico** en una de ellas ***La Limpieza Mecánica a los Cascos de los Buques,*** abordado en esta investigación realizada en la bahía de Cienfuegos, consecuentemente, con el objeto de estudio, las limpiezas mecánicas realizadas a los cascos de los buques, se asumió como **hipótesis** que: **"**una vez demostrado el impacto negativo que puede ser generado por esta operación en la zona costera donde se encuentran enclavadas las instalaciones de varada y puesta a flote que son inspeccionadas y certificadas por el RCB, demostrará lo meritorio que será formular, desde una perspectiva de Manejo Integrado de Zona Costera (MIZC), una propuesta de modificación de algunas regulaciones aplicadas a las mismas, de modo que estas últimas sean coherentes con la legislación ambiental y las políticas de desarrollo sostenible del país".

En tal sentido, se trazó como **objetivo general**: "Demostrar el impacto negativo que pueden ocasionar las limpiezas mecánicas realizadas a los cascos de los buques y en correspondencia, proponer la modificación de algunas regulaciones del RCB, aplicables a las instalaciones de varada y puesta a flote; para la preservación ambiental de la zona costera". Lo cual se desarrolló a través de los siguientes **objetivos específicos**:

- Demostrar el impacto ambiental negativo que puede ocasionar las limpiezas mecánicas realizadas a los cascos de los buques.
- Analizar los documentos programáticos y la legislación vigente en materia de protección ambiental que resultan aplicables a las instalaciones de varada y puesta a flote, que están sometidas a inspección y certificación del RCB.

- Elaborar una propuesta concreta de modificación de las regulaciones del RCB, que satisfaga todo el análisis anterior, para ser sometida a la consideración del consejo técnico del RCB.

Para la realización de este estudio se aplicaron los métodos generales de investigación deductivo-inductivos, combinándose con los de análisis lógico, descriptivo, y de síntesis. Se aplicó además, y se combinaron el uso de varias técnicas, como son la entrevista, el estudio comparado, el análisis de documentos, la recolección de información y la observación con el levantamiento o recopilación de evidencia fotográfica.

El tema abordado tiene un carácter novedoso, desconociendo este autor otra investigación de su tipo que haya sido realizada en el país. Si bien el resto de las Sociedades Clasificadores en el mundo han venido perfeccionando la dimensión ambiental de sus servicios, el enfoque que, desde la perspectiva MIZC posee la presente investigación, resulta muy nuevo, de ahí la importancia de este trabajo para poder armonizar la labor del RCB dentro de los planes de manejo integral de la zona costera.

II- DESARROLLO.

Como objetivo final se pretende que demostrando el impacto negativo de esta operación de limpieza mecánica de los cascos de los buques, solicitar una Propuesta de Modificaciones a las Regulaciones aplicadas por el RCB, en armonía con las legislaciones y reglamentaciones ambientales vigentes, y creando las evidencias de su cumplimiento, para ello se ha tenido en cuenta la experiencia y el conocimiento de este servicio que brinda el Registro en las Zonas Costeras Cubana, logrando así un objetivo más amplio como es la Educación Ambiental en Inspectores y Clientes.

PRIMERO Para este trabajo se utilizarán los siguientes conceptos*:*

Manejo Integral de la Zona Costera: "Es un proceso integrado de formulación de estrategias y adopción de decisiones, en que participen todos los sectores interesados, para fomentar la compatibilidad y el equilibrio entre los distintos usos de los recursos costeros" (Agenda 21, Declaración de Río, 1992).

Zonas Costeras: Franja marítimo terrestre de ancho variable donde se produce la interacción de la tierra, el mar y la atmósfera, mediante procesos naturales. En la misma se desarrollan formas exclusivas de ecosistemas frágiles y se manifiestan relaciones económicas, sociales y culturales.

Sus límites son:

Interior: 20 metros a partir de la franja de vegetación natural, en las playas de 40 metros y en la costa acantilada por las olas mayores o mareas más altas

Exterior: Profundidades 100-200 metros según la línea base (DECRETO-LEY No 212).

Organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos: Son los organismos y agentes cuya introducción en el mar, incluidos los estuarios, o en el curso de agua dulce pueda ocasionar riesgo para el medio ambiente, la salud de los seres humanos, los bienes o los recursos, deteriorar la diversidad biológica o entorpecer otros usos legítimos de la zona. (Convenio de Agua de Lastre, OMI).

Desechos Peligrosos: Aquellos provenientes de cualquier actividad y en cualquier estado físico que, por la magnitud o modalidad de sus características corrosivas, toxicas, venenosas, explosivas, inflamables, biológicamente perniciosas, infecciosas, irritante o cualquier otra, representan un peligro para la salud humana y el medio ambiente. (Ley No 81)

SEGUNDO Selección de Métodos y Técnicas de Investigación:

Técnica de entrevistas:

Se realizaron entrevistas a especialistas del Centro Provincial de Higiene y Epidemiología del MINSAP, del Laboratorio Costero, de la Unidad de Supervisión Medioambiental ambos pertenecientes al CITMA, al igual que a compañeros especialistas de ASTISUR del MIP, Astilleros de Cienfuegos del MINFAR, de la Empresa Nacional de Astilleros del MITRANS, y compañeros que atienden la actividad de inteligencia y delitos contra la economía del MININT.

Pudiéndose corroborar:

- En primer lugar, que dentro del grupo de los moluscos y algas que se adhieren a los cascos de los buques existen especies extremadamente resistentes a los cambios de temperatura y salinidad (Organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos), que una vez desprendidas vivas de los cascos pueden adaptarse al nuevo medio, siendo entonces una manifestación de una especie invasivas que puede hasta desplazar otras especies de nuestro ecosistema, o sirviendo de alimento a otras, además de ser transmisores de enfermedades que afecten nuestra fauna autóctona. [1], [2]

[1] **Los moluscos de las familias Mytilidae *Perna viridis*** (Linné, 1758) **y Dreissenidae *Mytilopsis sallei*** (Récluz, 1849)**; fueron introducidos en la bahía de Cienfuegos en la primera mitad de esta década. Estos bivalvos que viven fijados por un visus a diferentes sustratos, son filtradores, alimentándose de microorganismos y partículas en suspensión, con lo que pueden traer consigo patógenos que afecten a nuestra fauna autóctona. Se presume que estas dos especies pudieron llegar fijadas en los cascos o en el agua de lastre de las embarcaciones que llegan al puerto.**

- En segundo lugar, que anualmente existe una cantidad de embarcaciones procedentes del extranjero que hacen uso del puerto de Cienfuegos con el objetivo de asumir una reparación y/o mantenimiento de su obra viva, donde la limpieza mecánica de sus cascos forma parte de estas operaciones, sin que exista regulación, ni entidad responsable por recoger y controlar esos desechos biológicos que son desprendidos de sus cascos, del que pueden formar parte algunas de esas especies y quedan abandonadas en la rivera de los varaderos escurriéndose a la bahía durante la limpieza de estas áreas.
- Que es posible y probable que especies exóticas adheridas a los cascos de los buques, (Organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos), puedan ser usadas para la introducción voluntaria de enfermedades patógenas a nuestras aguas y que sean luego transmitidas por las especies de nuestro ecosistema, formando parte de la guerra biológica que es desarrollada contra nuestro país.

Por lo que se realizó un estudio de toda la legislación aplicable a la zona Costera Cubana.

Método de estudio comparado

Se analizó la legislación ambiental de relevancia; en este caso, el contenido de la Ley 81 (del Medio ambiente) y del Decreto-Ley 212 (de la Zona Costera), identificando aquellos artículos que son de aplicación a esos servicios del RCB.

De igual forma, se analizaron los objetivos de los principales documentos programáticos en materia ambiental, que fueron identificados como aplicables a tales servicios. En este caso, se tomó en cuenta específicamente la "Estrategia Ambiental del MITRANS" y la "Política Ambiental del RCB". Al evaluar estos documentos se analizó la correspondencia que existe entre el contenido de los mismos y la legislación ambiental previamente identificada

---

- **Fernández Garcés y Rolán, 2005. Primera cita de** *Perna viridis* (Linné,1758) **(Bivalvia Mytillidae) en aguas de Cuba**
- **Fernández Garcés y Rolán, 2006. Primera cita de *Mytilopsis sallei* (Bivalvia, Dreissenidae) en aguas cubanas. NOTICIARIO SEM. 45: 50-51, 2006**

[2] **Los barcos y en especial sus cascos constituyen vectores de gran importancia a nivel mundial para la transmisión de especies ¨no nativas¨. Varias especies de macroalgas han sido transportadas por esta vía, causando problemas ecológicos en las áreas donde son introducidas. En muchas ocasiones, asociadas a estas macroalgas aparecen ciertas microalgas que pueden ser tóxicas, causando problemas mayores para la salud humana, las pesquerías, acuicultura y turismo de las zonas costeras (Lein, 1999; Rosenthal *et. al.*, 2000).**

Por último, se analizaron las normas aplicadas por el RCB, para la prestación de los servicios de certificación de obras hidrotécnicas en la zona costera cubana (MASOI). Al abordar estos documentos, se examinaron los pasos que se siguen en cada uno de los respectivos procedimientos; así como los requisitos exigidos por el RCB para otorgar las correspondientes certificaciones. Se hizo especial énfasis en los documentos que se exigen al cliente, los cuales deben ser previamente emitidos por otras instituciones y que son demostrativos; así como en los elementos que se verifican mediante las inspecciones y chequeos que se hacen a las obras hidrotécnicas, para otorgar la certificación.

Luego de identificar por separado los elementos de relevancia en cada uno de los instrumentos legales, documentos programáticos, y reglamentaciones técnicas estudiadas, se hizo un estudio comparado de todos ellos

Análisis de Documentos:

Se realizó un análisis de documentos; específicamente de dos entidades: Consignataria Mambisa y Capitanía del Puerto, ambas del Puerto de Cienfuegos.

La Empresa Consignataria Mambisa opera, entre otras funciones, como agente de buques. A partir de la información documental brindada por esta entidad, se pudo conocer la cantidad de buques, que visitaron el puerto con el objetivo de realizar reparaciones y/o mantenimiento de su obra viva procedente del extranjero.

La Capitanía del Puerto es la institución que funge como autoridad del Ministerio del Interior en el puerto y, a partir de la información documental obtenida de la misma, se pudo conocer la cantidad de permisos otorgados para la realización de reparaciones a embarcaciones en los varaderos de varias entidades de la bahía de Cienfuegos información ésta que luego se relaciona con el impacto ambiental que provoca la forma en que se realizan tales reparaciones.

Técnica de observación.

Durante las visitas a las instalaciones de varada y puesta a flote para la realización de entrevistas y la búsqueda de información para su análisis, relacionado con la operación de limpieza mecánica de los cascos de los buques, se empleó la técnica de la observación, con la aplicación de recolección de evidencias fotográficas.

Recolección de datos

En cuanto a las Instalaciones de Varada y Puesta a Flote, en la bahía de Cienfuegos existen actualmente 12 instalaciones relacionadas fundamentalmente con la construcción y reparación naval, de ellas 5 son objeto de la investigación por encontrarse en capacidad o haber realizado alguna vez la operación de limpieza mecánica a los cascos de embarcaciones

provenientes del extranjero como parte de una reparación y/o mantenimiento. A todas les es aplicable la Resolución 56/96 del MITRANS y por ello la emisión de la correspondiente Certificación de Seguridad de las Obras Hidrotécnicas, emitido por RCB, a tenor de la aplicación de lo dispuesto actualmente en el MASOI.

TERCERO Resultados y Propuestas

Se analizan y discuten los resultados obtenidos a través de la aplicación de los métodos de investigación descritos anteriormente en la zona costera de la bahía de Cienfuegos.

Sobre la base de la discusión de tales resultados se realizan propuestas regulatorias para esta actividad como vía de solución de las deficiencias detectadas, al amparo del articulo 88, inciso c),o) y el articulo 102 de la Ley No 81 y la Resolución 56/96.

1- **Incorporar en el MASOI en el Capítulo 2.2, Sección 2, apartado 2.3.1. dentro de la documentación inicial solicitada al cliente en el contrato:**

- -La Evaluación del Impacto Ambiental, en los casos en que proceda.(Articulo 15.1 Decreto-Ley 212)
- -Licencia Ambiental para la actividad a realizar, o que ya realizan según el caso.(Articulo 24 Ley No 81)
- -Procedimiento para el tratamiento de los desechos resultante de las operaciones de las limpiezas mecánicas realizada a los cascos de los buques procedentes del extranjero y que los mismos posean el visto bueno del Centro Provincial de Higiene y Epidemiología y de la Unidad de Supervisión Medioambiental del territorio. (Articulo 88, inciso o) de la Ley No 81)

2- **Agregar en la Lista de chequeo de la Inspección Diagnóstico (LIDV) que forma parte del MASOI como Anexo 1 y dentro de la descripción de la instalación, al igual que en la Lista de Chequeo de Seguimiento y Eventual de los medios de varada (LIAV) del Anexo 13. Todos ellos establecidos en el Decreto-Ley 212.**

- -Acceso y Zona de protección
- -Disposición final de los Desechos Sólidos y Líquidos de las actividades a realizar o de servicios que brindan a terceros.
- -Procedimiento para el tratamiento de los desechos resultante de las operaciones de las limpiezas mecánicas realizada a los cascos de los buques procedentes del extranjero
- -Tratamiento de los residuales u otro tipo de vertimiento.
- -Contaminación Atmosférica.
- -Contaminación Sonora.

- -Equipos especiales de protección de las condiciones ambientales sin riesgos para la salud o la vida de los trabajadores

Estos últimos con el objetivo fundamental de colaborar en la educación ambiental de nuestros clientes

III – EFECTO ECONÓMICO

La metodología aplicada a esta investigación no incluyó cálculo del efecto económico. pero el efecto económico de este trabajo puede demostrarse por su aplicabilidad, vista ésta en la repercusión que puede tener en la Economía Ambiental y el efecto social que puede conocerse con la utilización de varios métodos tales como:

- Valorizando el capital natural afectado por algunos de los métodos conocidos (Excedente del consumidor, Variación Compensatoria, Variación Equivalente, Excedente Compensatorio, Excedente Equivalente, etc.)
- Calculando el costo del Saneamiento para las diferentes situaciones de contaminación generadas por esta actividad en la zona costera.
- Por el efecto social, que no es otro que pronunciarse por una política ambiental consecuente dentro de los servicios que brinda el RCB, proteger el medio ambiente y contribuir a alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible del país, beneficiando con ello a la sociedad en general

La consecuente aplicación de las normas establecidas y descritas anteriormente reportarán como es lógico beneficios para el RCB y para los Clientes:

Para nuestros Clientes - Cumplir con la Legislación Ambiental Nacional
- Previene la Contaminación del Medio.
- Ayuda a la Educación Ambiental.
- Conservación de Ecosistema.
- Puede Valorar el Impacto de su Actividad.

Para el RCB - Confianza de nuestros clientes garantizando un Servicio más Limpio.
- Ayuda al Ordenamiento Ambiental del País
- Hacer cumplir la Estrategia Ambiental Nacional.
- Ayuda a la Educación Ambiental de nuestros Clientes e Inspectores
- Ganar el reconocimiento por nuestro desempeño de las organizaciones rectoras en materia de Medio Ambiente nacionales e internacionales.

IV – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES

Sobre la base de todo lo aquí abordado, se arriba a las siguientes conclusiones:

1. Se demostró el impacto ambiental negativo que se puede generar por las operaciones de limpieza mecánica que realiza en el casco de los buques provenientes del extranjero en las instalaciones de varada y puesta a flote que son certificadas por el RCB.

2. Existen regulaciones, tanto en la Ley 81, Decreto-Ley 212, Decreto-Ley 230, Decreto 274 que resultan de perfecta aplicación a esta actividad en la zona costera, que aprovechando la posibilidad legal que se brinda pueden hacer del RCB una especie de "filtro, convirtiéndolo en un actor clave dentro de las políticas y los planes de Manejo Integral de la Zona Costera en Cuba.

3. Se lograron formular propuestas concretas de modificaciones y adiciones al MASOI que resultan coherentes con las intenciones de perfeccionamiento de la dimensión ambiental de los servicios del RCB.

RECOMENDACIONES

En correspondencia con las anteriores conclusiones, y dada la importancia que se le confiere al tema aquí tratado, se recomienda:

1. Elevar la propuesta de modificación del MASOI en los apartados anteriormente señalados al Consejo Técnico del RCB para su implementación inmediata por el peligro que esto representa para nuestro ecosistema y que en el desarrollo de la investigación quedó demostrado.
2. Socializar la información contenida en los resultados de la investigación, como medio de educación ambiental.
3. Profundizar en la investigación, realizando posteriormente la evaluación del impacto de las otras operaciones que se realizan en las instalaciones de varada y puesta a flote durante el mantenimiento y/o reparación de las embarcaciones.

La implementación correcta de lo dispuesto en las disposiciones medioambientales vigentes en nuestro país en el servicio que nuestra Empresa brinda, demostrará un sólido desempeño ambiental y el más estricto control del impacto de sus actividades sobre el medio ambiente, reafirmando la dimensión ambiental de los servicios que brinda el Registro Cubano de Buques en la Zona Costera Cubana.

V – BIBLIOGRAFIA.

Fernández Garcés y Rolán, (2006). Primera cita de *Mytilopsis sallei* (Bivalvia, Dreissenidae) en aguas cubanas.

NOTICIARIO SEM. 45: 50-51, 2006

---------- (2005). Primera cita de *Perna viridis* (Linné,1758) (Bivalvia Mytillidae) en aguas de Cuba

Castellanos, M. E. (2002). El MIZC y el enfoque CTS en la gestión del conocimiento. Un estudio de caso.

Universidad de Cienfuegos. Tesis de Maestría

---------- (2004b). Curso sobre "Temas Actuales en el MIZC" (notas de clases). Maestría en Manejo Integrado de Zonas Costeras; Facultad de Humanidades, Universidad de Cienfuegos.

Cicin-Sain B.; R. W. Knecht (1998). Integrated Coastal and Ocean Management: Concepts and Practices; Island Press, Washington D.C.-Covelo, California, USA: pp.15, 23-25, and 32-36.

González, R. L. (2006) Tesis de MIZC "Propuesta de Perfeccionamiento de algunas Regulaciones del

Registro Cubano de Buques para la Protección Ambiental de la Zona Costera". Facultad de Humanidades, Universidad de Cienfuegos.

Lein, T.E (1999): A newly immigrated red algae (Dasysiphonia, Dasyaceae, Rhodophyta) to the norwegian

coast, Sarsia 84: 85-88.

Martín, W.F., López Bastida, E., Miranda Vera, C.E., Díaz González, D. (2001). Metodología de la Investigación: Maestría en Manejo Integrado de Zonas Costeras. Universidad de Cienfuegos.

Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medioambiente, Cuba (1997). Estrategia Ambiental Nacional; http://www.medioambiente.cu/estrategia_ambiental.asp; fecha de acceso: 22-12-05.

Ministerio de Transporte, Cuba (1998). Estrategia Ambiental del Ministerio de Transporte. http://www.medioambiente.cu/estrategias_sectoriales.asp; fecha de acceso: 22-12-05.

Rosenthal, A., S.Gollasch y M. Voigh (eds) (2000): Final Reporto f the European Union Concerted Action

¨Testing Monitoring Systems for Risk Assessment of Harmful Introductions by Ships to European Waters ,

Contract No-MAS3- CT 97-0111, 72 pp (plus various appendices)

Legislación internacional consultada:

Organización Marítima Internacional (1996). Iniciativa del Gran Caribe para los Desechos Generados por los Buques (WCISW), Estrategia y Plan de Acción para la Reducción en la Fuente de los Desechos Generados por los Buques, su Reciclaje y Recuperación.

---------- (2004). Convenio Internacional para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques, OMI 2004.

Legislación nacional consultada:

Leyes:

Asamblea Nacional del Poder Popular, Cuba (1997). Ley 81 "Ley del Medio Ambiente". Gaceta Oficial de la República de Cuba, Edición Extraordinaria No. 7, de 11 de julio de 1997, La Habana, Cuba.

Decretos-Leyes:

Consejo de Estado, Cuba (2000). Decreto-Ley 212 "Gestión de la Zona Costera". Gaceta Oficial de la República de Cuba, Edición Ordinaria No. 68, de 14 de agosto de 2000, La Habana, Cuba.

Resoluciones:

CITMA (1999). Resolución 77/99 " Reglamento del proceso de evaluación de impacto ambiental". Gaceta Oficial de la República de Cuba, Edición Ordinaria No.6, de 6 de agosto de 1999.

MITRANS (1992). Resolución 73/92 “Sobre el control de vertimientos de residuales contaminantes en la Costa y Puertos”. Gaceta Oficial de la República de Cuba, Edición Ordinaria No 7, de 3 de junio de 1992.

---------- (1997). Resolución 211/97 "Reglamento para el manejo y disposición final de la basura de los buques en las aguas interiores (Puertos y Bahías), aguas Territoriales y en la Zona Económica Marítima de la República de Cuba". Gaceta Oficial de la República de Cuba, Edición Ordinaria No. 29, de 21 de agosto de 1997.

----------(1996). Resolución 56/96 “Establecer el Certificado de Seguridad para las Instalaciones Hidrotécnicas, Campos de Boyas de Amarre, redes y otras Instalaciones Portuarias”. Gaceta Oficial de la República de Cuba, Edición Ordinaria No 25, de 20 de Junio de 1996.

Reglas, Procedimientos y Manuales del RCB:

Registro Cubano de Buques (2004). Manual para la Certificación de la Seguridad de Obras Hidrotécnicas (MASOI). RCB 2004.

Sitios Web visitados:

http://www.imo.org

http://www.medioambiente.cu

http://www.un.org

http://www.unctad.org

http://www.ucf.edu.cu

http://www.gacetaoficial.cu

http://www.ttransporte.cu

VII – ANEXOS.

Relación de especialistas y expertos que fueron entrevistados:

No	Nombres y Apellidos	Entidad a la que pertenece	Cargo
01	Dra. Rosario Gutiérrez	Centro Prov. Higiene y Epidemio.	Especialista
02	Dr. Jorge Portel del Sol	Control Sanitario Internacional	Director Cienfuegos
03	Dr. Augusto Comas González	Laboratorio Costero de Cfgos	Especialista Micro-Algas
04	Lic. Raúl Fernández Garcés	Laboratorio Costero de Cfgos	Biólogo Marino
05	MsC. Ángel Moreira González	Laboratorio Costero de Cfgos	Especialista Macro-Algas
06	MsC. Maria Elena Castellanos	Laboratorio Costero de Cfgos	Especialista MIZC
07	MsC. Alain Muñoz Caravaca	Laboratorio Costero de Cfgos	Director
08	MsC. Rodolfo Ripoll Salcines	ONBC – Universidad de Cfgos	Prof. Derecho Marítimo
09	MsC. Iván Figueroa Reyes	Unidad de Supervisión de CITMA	Especialista Ppal de EIA
10	Ing. Reinaldo Acosta Miliam	Unidad de Supervisión de CITMA	Director
11	Ing. Wilfredo Pescoso	ASTISUR	Respons. de la Calidad
12	Ing. Alain Cobelo	Astilleros de Cienfuegos	Respons. de la Calidad
13	Ing. Miguel Silveira	Emp. Nacional de Astilleros	Director
14	My. Antonio Valladares Barberis	MININT	1er Oficial de Actividad Económica de la C.I.

Conclusiones:

Todos los entrevistados encuentran el tema muy interesante, reflexionando sobre el impacto que pudo haber tenido este tipo de propagación de contaminación y de nuevas especies, hasta ahora sin control por la ausencia de regulaciones, aprobando la idea de establecer un procedimiento para el control de las limpiezas mecánicas realizadas a los cascos de los buques provenientes del extranjero y que pudiera estar estructurado de la siguiente forma:

- Aviso al Control Sanitario Internacional del Puerto.
- Aviso a la Unidad Supervisora del CITMA con el veredicto del Control Sanitario Internacional.
- Análisis e identificación de especies y agentes patógenos. (en caso que lo requiera)y su comunicación a los órganos del MININT.
- Definición y Aprobación de lugar de vertimiento.
- Contrato con la entidad responsable por la recogida y traslado de esos desechos.
- Registros.

Este procedimiento deberá tener el visto bueno de los dos primeros.

MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE
Delegación Territorial CITMA. Cienfuegos
Unidad Provincial de Supervisión

Calle 33 # 5604 e/. 56 y 58. Cienfuegos. CP: 55100. Teléfonos: 527130, 516812 . Fax: 527130. E-mail: direccion@ups.perla.inf.cu

Cienfuegos de 13 de Junio de 2007
"Año 49 de la Revolución"

AVAL

Mediante el presente hacemos constar que el trabajo "**Control y Protección Biológica de las Instalaciones de Varada y Puesta a Flote Certificadas por el RCB**" resulta de gran interés para las autoridades ambientales del territorio.

La introducción de especies exóticas a través de las embarcaciones provenientes de diferentes zonas geográficas constituye un riesgo para la biodiversidad local, y existen referencias internacionales de importantes daños ecológicos por esta razón. Si bien un porciento alto de las especies introducidas no se adaptan el nuevo medio, siempre existe la posibilidad de adaptación de algunas de ellas, las cuales incluso pudieran al no encontrar competidores o reguladores naturales de sus poblaciones, convertirse en plagas al producirse una explosión en el crecimiento de los individuos que conforman su población.

Por otra parte muchos de estos organismos pudieran ser portadores de patógenos que pudieran al igual que el resto de los organismos, desarrollarse en nuestras aguas y afectar los ecosistemas y a la salud humana.

Por tal razón, la posibilidad que brinda este trabajo de identificar las áreas donde se realiza la limpieza mecánica de las embarcaciones como fuente de entrada de especies exóticas a las aguas costeras cubanas, y la aplicación de exigencias ambientales por el RCB para lograr una gestión ambientalmente segura de las instalaciones que realizan tal actividad, resulta de gran interés para las autoridades ambientales del país.

Tal afirmación se fundamenta en que: Esta exigencia por el RCB, conlleva a que las instalaciones portuarias dedicadas al varado de embarcaciones establezcan los mecanismos desde el punto de vista documental (**instrucciones, procedimientos, reglamentos**) para el proceso de limpieza de los cascos y desde el punto de vista práctico la creación de áreas para el tratamiento físico - químico de los residuos generados por la actividad y su disposición ambientalmente segura acorde a las normativas técnicas y legales vigentes en el país, para lo cual el sistema de inspección ambiental del CITMA pudiera coadyuvar a tales efectos.

MSc. Iván Figueroa Reyes
J' Dpto. de Evaluación de Impacto Ambiental
Unidad de Supervisión CITMA. Cienfuegos.

REPUBLICA DE CUBA
MINISTERIO DEL INTERIOR

Cienfuegos 3 de Abril de 2008
"Año 50 de la Revolución"

AVAL

Consideramos el trabajo denominado "Control y Protección biológica de las instalaciones de varada y puesta a flote certificadas por el RCB" como muy interesante, teniendo en cuenta que el mismo pretende desarrollar una metodología para el análisis por las autoridades competentes, de los desechos de las embarcaciones que proceden del extranjero y que vienen a limpiar sus cascos, en los cuales pueden venir adheridos especies exóticas que al adaptarse a nuestro medio traería consigo cambios, además mediante esta vía el enemigo puede introducir medios biológicos como parte de las acciones de guerra biológica que desarrolla contra nuestro país.

My Antonio Valladares Barberis
1er O/O Unidad Económica CI Cienfuegos

EL SERVICIO DE TRANSPORTE ACUÁTICO DE PASAJEROS EN CUBA. DIFICULTADES ACTUALES Y POSIBLES SOLUCIONES

AUTOR: Lic. Jorge Herrera González

TÍTULO: Licenciado en Geografía Económica

INSTITUCION: Centro de Investigación y Desarrollo del Transporte. Ministerio del Transporte. República de Cuba

CARGO: Investigador Agregado

DIRECCION POSTAL: Carretera del Asilo # 3 esq. Tiscornia. Casablanca Regla Ciudad de La Habana Cuba

DIRECCIÓN ELECTRÓNICA: jherrera@it.transnet.cu

TELEFONO: 8623051 al 58 Ext. 224 y 245

FAX: (537) 338250

RESUMEN

Los servicios de transportación de pasajeros en los espacios acuáticos del país, aún cuando no se caracterizan por grandes volúmenes en sus operaciones, presentan una importancia socioeconómica considerable, al vincular puntos existentes en zonas de difícil acceso para medios de transporte terrestres convencionales, los cuales se encuentran situados en las márgenes de nuestras típicas bahías de bolsa, en islas cercanas y vecinas entre sí del archipiélago cubano, así como en algunas presas y ríos.

Las grandes cambios políticos que se produjeron a nivel mundial a partir del año1986 y sus nocivos efectos sobre nuestro país, marcaron el inicio de una etapa de fuerte depresión y deterioro en dichos servicios, por lo que el principal objetivo de este estudio consistió en la determinación de las dificultades actuales de cada una de las líneas existentes, a través de un análisis integral d e su situación en los lugares donde se prestan. Como resultado, tras realizarse la comparación entre la situación actual y la existente anteriormente en relación a cantidad de líneas, pasajeros transportados, entidades operadoras, embarcaciones existentes y necesarias, atraques, tarifas e inversiones necesarias, se determinaron las medidas generales a tomar para el rescate de sus niveles históricos de transportación.

INDICE

	Página
1. Antecedentes	4
2. Situación actual	4
3. Embarcaciones empleadas en estos servicios.	7
4. Atraques y talleres	8
5. Servicios particulares	9
6. Tarifas	9
Conclusiones	10
Bibliografía	12

1. Antecedentes

Los servicios de transportación marítima de pasajeros que tradicionalmente se han desarrollado en diferentes zonas del país, no presentan una envergadura notable desde el punto de vista económico u operacional.

Su importancia no radica en la magnitud de los volúmenes de pasajeros que transportan anualmente, sino en la importancia socioeconómica que los mismos revisten, al vincular puntos situados en zonas de difícil acceso o geográficamente cercanos entre sí en las entradas de las múltiples bahías de bolsa que caracterizan las costas cubanas, en algunas de nuestras presas y en las márgenes del río Cauto, pero ubicados en regiones impracticables para otros medios de transporte terrestres, siendo, además, en muchos casos, la única alternativa factible de transportación en lugares donde no existen otras vías o formas de movimiento posibles, razones por las que históricamente han sido objeto de particular atención para el Estado Cubano

Su dispersión territorial es considerable. En el año 1990, existían en el país 28 líneas de transportación marítima, fluvial y de cabotaje de pasajeros, que operaban en 13 regiones diferentes del país, con un total aproximado de 74 embarcaciones de distinto tipo. En total, se transportaban en esa etapa más de 6.9 millones de pasajeros cada año, el 70.7 % de los mismos en el puerto de La Habana.

Pocos años después, las violentas restricciones sufridas por la economía cubana entre los años 1990 y 2000, debido a los grandes cambios políticos a escala mundial, redujeron estos servicios a sólo 14 líneas con 27 embarcaciones en funcionamiento en todo el país, las que transportan en la actualidad no más de 3.8 millones de pasajeros anuales.

2. Situación actual

Las bahías y zonas de país donde se prestan estos servicios en la actualidad son La Habana, Santiago de Cuba, Cienfuegos, Isla de la Juventud, Antilla, Puerto Padre, Caimanera, Gibara,

la presa del río Hanabanilla ubicada en el límite entre las provincias de Villa Clara y Cienfuegos y la presa Nuevo Mundo en el municipio de Moa, provincia de Holguín.

Tabla # 1. Características principales de los servicios actuales

Zona en que opera	**No. de líneas**	**Cantidad actual de embarcaciones**	**Promedio anual de pasajeros (miles de pas)**	**Porcentaje que representa del total**
La Habana	2	6	1 962.5	50.6
Santiago de Cuba	2	2	651.1	16.8
Isla de la Juventud	1	4	265.9	7.0
Cienfuegos	2	5	456.3	11.8
Antilla	1	1	11.5	*
Puerto Padre	1	2	261.5	7.0
Caimanera	1	2	166.2	4.0
Gibara	1	2	62.3	1.5
Presa del río Hanabanilla	2	2	36.4	*
Presa Nuevo Mundo	1	1	4.8	*
TOTALES	**14**	**27**	**3 878.5**	**100**

*: Proporciones menores del 1%

En La Habana, que presenta líneas de escasa extensión, así como los mayores flujos y el mayor parque de embarcaciones del país, se desarrolla el 50.6 % del movimiento total de pasajeros por esta vía. Es seguida por Santiago de Cuba, con sólo el 16.8% de dicho total, y posteriormente por Cienfuegos con el 11.8 %. En total, estos tres puertos absorben el 79.2 % de dicho total.

Las líneas desaparecidas durante el período 1990 – 2000, se relacionan a continuación:

Tabla # 2. Líneas desaparecidas y sus volúmenes de transportación promedio en 1989

Zona en que operaba	**Línea**	**Promedio anual de pasajeros (miles de pas)**
La Habana	Casablanca - Habana	1 025.4
Isla de la Juventud	Nueva Gerona – La Coloma	20.0
Presa del río Hanabanilla	El Salto – El Nicho El Salto – Guanayara	16.3 23.9
Puerto Padre	Puerto Padre – La Boca	50,2
Manzanillo	Manzanillo – Guayabal – Santa Cruz del Sur Manzanillo – Guamo Embarcadero	12.4 11.7
Moa	Moa – Cayo Moa	90.0
Caimanera	Caimanera – Glorieta	18.2
Baracoa	Baracaoa – Moa Baracoa – Tacobay – Yamaniguey	32.0 3.5
TOTALES	**11**	**1 303.6**

No se han incluído en la relación anterior, las 5 líneas existentes en dicha etapa, correspondientes a los puertos de Caibarién e Isabela de Sagua, y que tenían como destino las playas de algunos de los cayos de la costa norte central del país, cuyo carácter era eminentemente recreativo y estacional. Las mismas desaparecieron una vez que dichos destinos fueron conectados a la Isla de Cuba por pedraplenes.

En el caso particular de nuestras bahías de bolsa, la no existencia de estos servicios obligaría al uso de medios automotores de menor capacidad y mayor consumo de combustible por pasajero, en recorridos que abarcarían la totalidad de sus perímetros terrestres respectivos; por tanto, además del positivo efecto socioeconómico proveniente de la economía de tiempo de cada pasajero que representa el empleo del transporte acuático, resulta posible estimar el ahorro de combustible que se produce a través del uso de embarcaciones en dichas bahías, y que asciende a 376 500 litros anuales, considerando el empleo hipotético de ómnibus chinos del tipo Yutong articulados, con capacidad aproximada de 70 pasajeros y consumo específico de 2 kms / lt .

3. Embarcaciones empleadas en estos servicios

Tabla # 3. Cantidades y tipos de embarcaciones

LUGAR	Tipo de embarcación	Cantidad
La Habana	BMP - 150	6
Santiago de Cuba	BMP - 150	2
Cienfuegos	BMP – 150 Lancha de ferrocemento Lanchas de casco plástico	2 1 2
Isla de la Juventud	Catamaranes (4)	4
Presa del Hanabanilla	BMP - 150	2
Puerto Padre	BMP - 150	2
Gibara	Lancha de ferrocemento Lancha de casco plástico	1 1
Antilla	BMP – 150	1
Moa	Bote de casco plástico	1
Caimanera	BMP - 150	2
TOTALES	***	**27**

En las distintas zonas del país se operan al menos 5 tipos de embarcaciones diferentes con no menos de 6 tipos de motores de las más diversas procedencias y edades, lo cual dificulta mantenimientos, reparaciones e intercambios de piezas y agregados entre equipos de una zona y otra. El caso más crítico en este sentido lo presenta Cienfuegos, donde coexisten 3 tipos de embarcaciones diferentes en un parque total de sólo 5.

No obstante, las distintas variantes de la BMP – 150, construída en los astilleros ASTOR de Santiago de Cuba, pertenecientes al Ministerio del Transporte, equipada con motores coreanos Daewoo Doosan L 136 de 118 KW, se han ido imponiendo gradualmente en las diferentes líneas del país, por su maniobrabilidad, capacidad y potencia. En la actualidad, ya es utilizada por el 73.9 % del parque total de embarcaciones, resultando factible su empleo en casi todas las líneas actuales, excepto entre Batabanó – Nueva Gerona, la cual requiere, por sus volúmenes de tráfico y distancias a recorrer, de equipos de más capacidad, velocidad y tecnologías más avanzadas.

En la siguiente tabla se ofrece la relación entre los equipos existentes y los necesarios para el rescate e incremento del nivel de estos servicios en el país, según sus demandas históricas y previstas, cuantificándose además, las necesidades de embarcaciones por puerto. Se ha considerado en la misma el rescate de las antiguas líneas desaparecidas.

Tabla # 4. Balance Nacional de Embarcaciones

Lugar	**Embarcaciones existentes**	**Embarcaciones necesarias**	**Diferencia**
Pto. Padre	2 BMP – 150	3 BMP - 150	1 BMP - 150
Gibara	1 lancha de ferrocemento. 1 lancha plástica	1 lancha de ferrocemento. 1 lancha plástica	***
Antilla	1 BMP - 150	2 BMP – 150	1 BMP - 150
Moa	1 bote plástico	2 botes plásticos 1 lancha de ferrocemento.	1 bote plástico 1 lancha de ferrocemento
Baracoa	***	2 BMP- 150	2 BMP - 150
Caimanera	2 BMP – 150	3 BMP - 150	1 BMP - 150
Santiago de Cuba	2 BMP – 150	2 BMP – 150 1 lancha plástica	1 lancha plástica
Manzanillo	***	3 BMP- 150	3 BMP - 150
Presa del Hanabanilla	2 BMP – 150	5 BMP – 150	3 BMP – 150
Cienfuegos	2 BMP – 150 1 lancha de ferrocemento. 2 lanchas plásticas	2 BMP – 150 1 lancha de ferrocemento. 1 lancha plástica	1 lancha plástica sobrante, no necesaria en este puerto)
La Habana	6 BMP – 150	6 BMP – 150	***
Isla de la Juventud	4 catamaranes de más de 200 pasajeros	4 catamaranes de más de 200 pasajeros	***
TOTALES	**27**	**41**	**15**

La inversión total ascendería a $ 2 152 957 CUC, sin incluir las soluciones definitivas para las transportaciones simultáneas de carga y pasaje en la línea Batabanó – Nueva Gerona, que opera en el suroeste del país, y cuyas características la diferencian del resto de estos servicios

4. Atraques y talleres

En general, los atraques, especialmente los ubicados en lugares apartados, no mantienen las mejores condiciones constructivas en cuanto a cubiertas, asientos, accesos adecuados a las lanchas, iluminación, defensas, etc.. Se estima que la inversión necesaria para su restitución en todo el país, sería de $ 552 000 CUC aproximadamente, descontando los de menor volumen

de operación, generalmente ubicados en las zonas de más difícil acceso, que deberán ser acometidos con estructuras rústicas y medios propios por quienes los utilizan, ya que, en muchas ocasiones el promedio de pasajeros que los emplea no excede la cantidad de 300 durante un año.

En la actualidad, dado el reducido volumen de estas transportaciones, ningún servicio ni entidad operadora posee condiciones de infraestructura de talleres, ni tiene posibilidades de asumir las operaciones de varada, reparaciones y mantenimientos que sus embarcaciones requieren.

En los astilleros a los que se envían las mismas, se confrontan dificultades en lo referente a la calidad de los trabajos que se realizan y al cumplimiento de sus plazos de entrega, lo cual obedece en muchos casos, a escasa de disponibilidad de recursos financieros e insuficientes exigencias contractuales por parte de las entidades operadoras

5. Servicios particulares

Coexistiendo con los servicios prestados por el Estado Cubano, existen otros de carácter particular aunque en menor escala, en las entradas de las bahías de Puerto Padre, Gibara, Cienfuegos y Santiago de Cuba, así como en las presas del río Hanabanilla y Nuevo Mundo, generalmente a precios mayores que los establecidos por el Estado. Aún cuando dicha actividad se encuentre debidamente legalizada y autorizada por las autoridades competentes, se han detectado casos de violación de las regulaciones establecidas sobre seguridad marítima establecidas para ella, ya que, aprovechando la alta demanda de transportación que se produce en determinados horarios del día, algunas embarcaciones han excedido la ocupación de sus capacidades con el objetivo de obtener mayores ganancias.

6. Tarifas

Muchos de los servicios actuales no presentan resultados financieros positivos, debido principalmente a la considerable desproporción entre el alto costo por pasajero y las reducidas

tarifas vigentes en las diferentes líneas, debido a su carácter netamente social, a partir de la política estatal de la aplicación de altos niveles de subsidios a estas transportaciones. Las acuales tarifas vigentes en todo el país, oscilan entre los $0.10 que se cobran en La Habana y el precio de $1.00 correspondiente a las líneas de Gibara y de la presa Nuevo Mundo, ambas en la provincia de Holguín. En los casos de Antilla y de la línea Batabanó – Nueva Gerona, dadas sus caracteríticas de servicios no utilizados diariamente por sus usuarios, las mismas están en función del costo pasajero - milla con un mínimo margen de ganancia adicional.

Por otra parte, la edad de estas embarcaciones, su estado técnico general y la desaparición de muchos servicios, han provocado una inevitable disminución de los volúmenes de pasajeros transportados en ellos, lo cual se ha traducido en una sensible disminución de los ingresos, lo que no compensa en modo alguno los gastos de explotación que se producen, salvo excepciones.

Conclusiones

1. Los servicios anteriormente analizados, no constituyen simples movimientos de pasajeros a través de determinados medios de transporte, sino una forma particular de actividad marítima extensible a ríos y presas, de marcadas especificidades y de carácter eminentemente social.
2. Los mismos experimentaron una marcada depresión a nivel nacional entre los años 1990 y 2000 por causas conocidas. En la actualidad, y con relación al año 1990, los volúmenes de pasajeros transportados descendieron en un 45 %, 47 embarcaciones dejaron de prestar servicios por diferentes causas y las líneas que dejaron de operar, ascendieron a 11.
3. Se impone, por tanto, la toma urgente de medidas tendientes al incremento de la calidad de estas transportaciones especialmente en las zonas más apartadas del país, por su gran incidencia en la calidad de vida de sus habitantes. Las más importantes de ellas son:

3.1 El rescate de los servicios que dejaron de operarse, la reanimación de los que aún existen y aún su ampliación y diversificación, permitirá mejorar sus resultados económicos – financieros a nivel nacional, a través del incremento de ingresos.

3.2 El parque estimado para cada línea debe ser completado en cantidad, capacidad y tipo de embarcación, según las definiciones establecidas al efecto en los estudios realizados al respecto.

3.3 Las tarifas vigentes deberán ser revisadas y ajustadas a los costos reales por pasajero, sin que por ello pierdan su carácter social actual.

3.4 Por razones elementales de seguridad operacional, los actuales atraques en explotación deberán ser reparados por las vías tradicionales y con medios propios de sus usuarios, donde no se justifiquen inversiones estatales por su volumen de operación.

3.5 Las reparaciones y mantenimientos del parque en operación de cada línea, se ejecutarán mediante las contrataciones usuales, en cuya discusión se prestará particular atención al tema de la debida calidad y cumplimiento de los plazos de entrega.

3.6 Potenciar la prestación del servicio por parte de embarcaciones particulares, como otra opción alternativa al mismo aún a precios superiores, a partir del cumplimiento estricto de lo estipulado a estos efectos por las autoridades competentes.

Bibliografía

1. Serie de estudios realizados en el Instituto de Investigaciones del Transporte entre 1982 y 1986, sobre la determinación de la cantidad necesaria de embarcaciones para el servicio público de pasajeros en los puertos de Cuba hasta el año 2000. Incluyó los puertos de La Habana, Santiago de Cuba, Cienfuegos, Antilla, Manzanillo, Moa - Baracoa e Isla de la Juventud

2. Herrera González, J. Estudio Integral para la Transportación de Pasajeros por Lanchas en los puertos cubanos. Informe Final. Centro de Investigación y Desarrollo del Transporte La Habana Diciembre del 2005.

3. Informaciones suministradas por las Empresas y Direcciones Provinciales y Municipales de Transporte y unidades de la Empresa Navegación Caribe correspondientes a Puerto Padre, Gibara, Antilla, Moa, Caimanera, Santiago de Cuba, Manzanillo, Presa del Río Hanabanilla y Cienfuegos, en las provincias respectivas de Las Tunas, Holguín, Guantánamo, Santiago de Cuba, Granma, Villa Clara y Cienfuegos.

ACEPTADO No 103

ESTUDIO DE LA UTILIZACION DEL OZONO EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA.
"APLICACIÓN DE LA TECNOLOGIA SISTEMA OZONO EN LAS PLANTAS PROCESAMIENTO DE PESCADO Y EN CENTROS GENETICOS PARA EL DESARROLLO DEL CAMARON."

Autor: Leonardo Osmany Zamora Meralla

INSTRODUCCION

El agua fuente de vida

El agua es el nutriente mas ignorado, más barato y abundante del planeta tierra para nuestra dieta diaria. El agua está muy cerca de ser un solvente universal. La importancia del agua para nuestro cuerpo puede funcionar bien. Es un solvente inerte, lo que significa que el agua no cambia químicamente por los compuestos que disuelve, y por consiguiente puede usarse una y otra vez. Una característica única del agua es su acción capilar. Este desafió de la gravedad le permite a los nutrientes flotar del suelo nutriéndose las planas y árboles y permitiendo a la sangre, que es 83% de agua. Completarse circuito en el cuerpo humano.

Se ha descubierto que las aguas de la tierra contienen la mitad de todos los elementos conocidos. El agua de mar comprende el 97 %del agua de la tierra, solo el 3 % restante que equivale a cerca de 33 trillones de pies cúbico es agua fresca. El agua se evapora de los océanos y ríos, se condesa en las nubes a gotas de agua y descienden nuevamente a la tierra en forma de lluvia o nieve. La cantidad de agua se cree que es la misma que hace 3 billones de años.

La Tecnología SISTEMA OZONO, la cual se detalla en este trabajo al utilizar el ozono como purificador. ¿Por qué no usar un producto natural que purifique, limpie, desinfecta y proporciona agua dulce, pura, limpia y potable sin productos químicos?

El agua un elemento olvidado. Raramente se menciona la importancia del agua solemos de hablar de calorías, clima, trabajo, político, etc. excepto del agua. La importancia del agua pocas veces se menciona en los centros de dietas, escuelas. Clases de ejercicios y libros.

¿Cuándo fue la última vez que le pregunto a un amigo los vasos de agua se ha tomado en las últimas 24 horas.

Por otro lado, que nos importa más cuantas calorías consumimos diariamente y cuantos pesamos, sin embargo, no es nuestra culpa sino la de la sociedad actual, donde las calorías, grasas y el control de la dieta están de moda porque son un negocio que rinde dinero. En los E. Unidos más de 30 millones se gastan anualmente en actividades relacionadas con la dieta.

El agua es más esencial para la vida que el alimento. Solo el oxigeno es más esencial que el agua para sostener la vida de todos los organismos. Una persona puede vivir semanas sin comer antes de privarse de proteínas, grasas y carbohidratos, pero solo unos cuantos días (3 a 4 semanas) sin tener acceso al agua puede deshidratarlo. Nuestro cuerpo es agua, una parte inseparable de nuestro cuerpo y la vida no podría continuar sin ella.

Un recién nacido puede tener un exceso de 80% del peso total del cuerpo en agua de la selección de agua de la matriz, más de la mitad del peso de un adulto en agua, cerca del

60 % para los hombres y 54% para las mujeres. La diferencia refleja el hecho de que las mujeres tienen un contenido más alto de grasa que los hombres, con la edad el agua y los huesos del cuerpo se reducen y la grasa. La sangre es 83 % agua, el celebro 74 %, los músculos tienen el 75 % de agua y los huesos 22 %. El agua constituye el fluido principal que rodea y compone las células, sin agua nos envenenaríamos con nuestros propios desechos y toxinas.

¿Por qué nuestro cuerpo necesita agua , el agua es un componente esencial de la sangre y de cada células de nuestro cuerpo., es necesaria para el funcionamiento de cada órgano del cuerpo, cuando pierden agua pierden su forma. Este es el medio universal por el cual varios cambios químicos suceden en el cuerpo, cada segundo en cada célula.

El agua juega un papel importante regulando la temperatura de cuerpo, ayuda a la respiración, la digestión, el metabolismo, la eliminación de sustancias toxicas, regulación de la temperatura, absorción y circulación. Ninguna de estas funciones podrá lograrse sin la presencia del agua. El agua juega un papel importante en las funciones mecánicas como la lubricación de las coyunturas, en el movimiento de productos de desecho es a través de la sangre y son expulsados por los riñones que son 97% de agua, esta se recicla en el cuerpo más diferentes propósitos. Principal nutriente del cuerpo.

Por razones expuestas debemos beber por los menos 2 a 2.5 litros u 8 a10 vasos de agua u otros líquidos diariamente para que nuestros cuerpos tengan suficiente agua para sus numerosas funciones.

Debemos proveer de agua a nuestro cuerpo directamente bebiendo agua limpia y fresca o indirectamente consumiendo alimentos como vegetales y frutas. (Agua no contaminada)

Porcentaje de agua algunos alimentos.

Tabla No 1

Alimentos	%	De agua
vegetales		**90**
leche		**87**
Frutas frescas		**85**
Huevos		**74**
Carne		**60**
Pan		**36**
Galletas de sal		**0**

Los Carbohidratos más complejos tienen un alto contenido de agua y por tanto proveen a nuestros cuerpos de los nutrientes más cruciales. La combinación de agua y fibra en estos alimentos nos hace sentir llenos y así no comemos de mas y mantenemos nuestros cuerpos.

Las enfermedades trasmitidas por alimentos alcanzan cifras significativas en todo el mundo, aunque si se reportaran en todos los casos, se detectarían valores alarmantes.

A pesar de que las autoridades de salud pública conocen los principios para controlar la mayoría de las enfermedades, el éxito de su prevención no ha sido impresionante en los países desarrollados y los trastornos gastrointestinales siguen siendo el azote en aquellos que se encuentran en vías de desarrollo.

Entre los alimentos asociados a este tipo de enfermedades están los productos marinos, que han ocupado un lugar importante en todos los brotes de que son portadores los

alimentos, a pesar de que el consumo de pescado comparado con el de otros productos alimenticios ha sido inferior según dato reportados en algunos países. El alimento marino que ha incidido mas en las enfermedades es el pescado seguido por los mariscos o moluscos bivalvos y crustáceos.
De lo anterior se desprenden la importancia del Control de la Calidad en los productos pesqueros durante su elaboración, ocupando un lugar primordial los controles microbiológicos de los microorganismos, los principales responsables de las enfermedades**.**
La utilización del ozono como producto permite un agua limpia como descontamínate biológico, preventivo y curativo para potabilización y detiene la aparición de algas, bacterias y hongos

En la Industria Pesquera.

Las afectaciones de la calidad del pescado, comienzan inmediatamente después de su captura por la acción de las bacterias y las enzimas presentes como parte de su condición natural, las que al morir el pez inician una serie de reacciones que provocan cambios bioquímicas y microbiológicos.
Para retardar estos procesos, el método más utilizado es el enfriamiento con hielo, el cual mantiene el pescado a temperatura próximas a 0 grados centígrados produciéndose un intercambio termodinámico donde se garantiza un ambiente húmedo, frió y limpio, apropiado para la transportación del pescado hasta su llegado a puerto y posteriormente en su procesamiento en la industria hasta la llegada a las manos del cliente. La utilización del ozono en el tratamiento de la agua mejora la calidad del agua en la industria, así como un mejor aprovechamiento de la materia prima durante el proceso industrial, demostrado en la efectividad del ozono en la destrucción de bacteria, hongos y virus que afectan a las especies marinas durante el proceso genético del Camarón, en los procesos industriales de la Langosta y así como su utilización en el tratamiento de aguas residuales.
Existen varios tipos de agua a ser utilizados en la fábrica. Se pueden considerar los siguientes tipos:

- Agua de proceso
- Agua de refrigeración
- Agua de calderas
- Agua de uso general y humano

Cada uno de estos tipos de agua requiere un tratamiento especial para acondicionarla.
Las fuentes de provisión de agua en una fábrica son generalmente:

- Agua de pozo.
- Agua de equipo de agua (rio, lago) a agua de mar.
- Agua corriente

En la industria de la elaboración de pescado, las operaciones pueden variar de una planta a otra, pero la cantidad y calidad del agua utilizada en un proceso similar es semejante y depende directamente de la capacidad de la planta.

Consumo de agua en porciento para las distintas operaciones en la elaboración de filetes congelados.

Tabla No 2

Operación	Consumo total de agua (%)
Transpone por agua de filetes y residuos	50 - 65
Limpieza, descamado de pescado, preparación de los filetes, y cuereado	15 - 25
Limpieza de la planta, embarcación, muelle, etc.	12 - 18
Elaboración de harina de pescado	2 - 4
Elaboración de hielo	1 - 3
Agua fresca para embarcaciones pesqueras	1 - 2
Baños y vertederos	1 - 2
Agua para calderas, refrigeración, etc.	1 - 2

Centro Genético de Camarón de Yaguanabo. Proceso Genéticos del Camarón.

Este proceso requiere de una disciplina tecnológica de punta que comienza desde el vestuario y los colores de los uniformes que visten los trabajadores que permite definir el área de trabajo de cada uno de ellos, donde se requiere rigorosas medidas de seguridad higiénico –sanitarias entre otras, deben estar equipados los trabajadores con botas y batas realizando antes la entrada una desinfección que es de carácter obligatorio e inviolable cumpliéndose las normas establecidas en el proceso.

Este proceso comienza en el momento en que los "padres" se pescan en las piscinas. En estas se conserva el banco de camarones reproductores desde donde se trasladan al área de maduración, constituido por naves de iluminación controlada con bacterias de tanques plásticos. Allí permanecen algunas semanas y convenientes separados los machos de las hembras, se les suministra una dieta balanceada con el fin de propiciar la maduración sexual.

En este periodo se logra la muda de esqueletos hasta el 70 porciento de los animales, lo que es favorable antes de proceso de reproducción. En este momento los técnicos proceden a realizar la ablación que probablemente resulta más sorprendente de todo el proceso de cría, La ablación también conocida como aculataría, es el paso por el cual se extirpa el globo ocular de unos de los ojos de las hembras. Resulta que en base del pedúnculo ocular del camarón existe un conjunto de glándulas que regulan las hormonas inhibidora de la maduración sexual al realizarse este paso se desencadena un proceso que favorece la maduración, Acto seguido se sitúa un grupo de hembras en los tanques con los machos, para que estos copulen y depositen subproductos sexuales (espermatoforos) en el abdomen de la hembra madura.

Después de la copulación, las hembras se trasladan a los tanques de desove y alrededor de 5 horas después una nube de puntos blancos aparecen en los tanques intubadores anunciando que miles de huevos, la inmensa mayoría de ellos fecundados, han estado en el proceso.

Estadios del ciclo de vida y alimento preferido.

Nauplio. No requiere otro alimento que el de su propio vitelo.
Protozoea. Filtrador, fundamentalmente fitoplancton.
Musís. Filtrador de fitoplancton y zooplancton pequeño. Comienza a capturar el alimento.
Post larva. Captura alimento y continúa filtrando plancton.

Concluido el desove, los huevos se colectan y sitúan en otros tanques donde aproximadamente un día después eclosionan. En este momento los recién nacidos poseen fototaxismo positivo (los atrae la luz) y esto explica las lámparas ubicadas sobre cada tanque de eclosión para traerlos hacia la superficie, lo que permite una recolección sencilla de los nuevos camarones, aunque todavía su cuerpo al microscopio, no recuerda la forma de un camarón adulto.
La manipulación de camarones para la reproducción tiene muchos incovenvenientes que hay que tener en presente como por ejemplo:

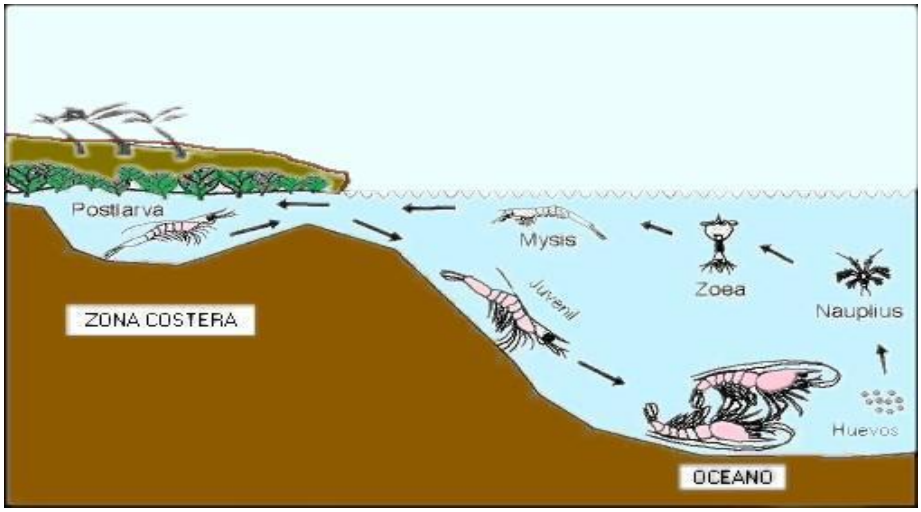
- Una falla de energía detiene dos airadores y provoca mortalidad masiva.
- La brusca iluminación o el ruido afecta el desarrollo del camarón en el proceso.
- Las bacterias del agua potable y los virus afectan el desarrollo del camarón durante el proceso, aspecto este que será visto en este trabajo, de cómo eliminar y destruir los mismos utilizando la tecnología OZONO.

Los camarones al salir de la área de eclosión y antes de alcanzar su condición de post larvas listas para su traslado a las granjas de engorde, transita por distintos momentos para los cuales el tipo de alimento debe ser específico, desde algas (fitoplancton) hasta alimento paletizado o en polvo.
Existe un área de alimento vivo, donde se cultivan diferentes especies de fitoplancton que servirán en su momento para alimentar los camarones recién nacidos.
Los cultivos de alga que comienza en el volumen de un litro, en razón de la multiplicación de las células, ira pasando paulatinamente a 5 litros, 20 litros, 200 litros y 8 toneladas con el fin de satisfacer las necesidades del proceso.
Existe un mantenimiento de las reservas donde se conservan puras las cepas de especies para ser sembradas en los medios de cultivos, e incrementar a volúmenes industriales de alimento vivo según necesidades del centro.
Existe un laboratorio de microbiología que vela por la salud y la calidad de huevos, nauplios, larvas, progenitores e incluso desarrollan el empleo de prebióticos para mejorarla calidad del agua utilizada en el cultivo.
La aplicación del ozono eliminaría la utilización de prebióticos altamente costosos.
Existe un área de cría donde se controlan rigorosamente los parámetros de agua.

Ciclo de vida del Camarón

1.-Huevo fertilizado.
2.- Nauplios
3.-Protozoea
4.-Mysis
5.-Post larva
6.-Juvenil
7.-Hembra y Macho adulto

Dibujo No 1



En tanques con capacidad de 20 metros cúbicos, debidamente preparado y con el alimento vivo presente, los especialistas regulan la salinidad y temperatura del agua para hacerlo coincidir con aquellos de la que vendrán las nuevas crías para transitar por los estadios de desarrollo. En el curso de dos semanas, durante los cuales el incremento del volumen de agua en los tanques del área de cría y su recambio juega un papel muy importante. Los nauplios alcanzan categoría de post larvas y luego de una estancia en tanques, donde reciben indirectamente la luz del sol y se alimentan de pienso artificial con un tamaño de granulo adecuado, están listos para ser traslado a las granjas de engorde en camiones en cajas de agua.

En dependencia a la distancia a recorrer, así variara la densidad de post larvas por metros cúbico en las cajas de agua como una manera de garantizar un alto porciento de supervivencia, en la especie Vanamei que se cría en Cuba desde la eclosión hasta la post larvas numero 8 lista, para enviar a las granjas está entre un 50-58 porciento de supervivencia, lo que con la **TECNOLOGIA OZONO** aplicándose en el proceso los resultados obtenidos en otros países está entre 70 a un 85 porciento aumentando el porciento de supervivencia, que al final reporta una mayor cantidad de toneladas procesadas y de más calidad.

Ventajas que se obtiene aplicando esta tecnología en el Centro de Yaguanabo:

- Menos utilización de agua dulce al convertir el agua salada en agua dulce con su PH requerido para la cría de camarón. La tecnología de ozono utiliza en el proceso carbono.
- Menos cantidad de bombas de agua
- Utilización de agua en los procesos de refrigeración y calderas.

La Calidad en los procesos industriales

En los procesos industriales del camarón o la langosta se aplica un programa de dirección de calidad basado en el analices de riegos y puntos críticos de control (HACCP) Diseñado para el mejoramiento de los requisitos de seguridad, calidad e integralidad de los productos pesqueros mediante el monitoreo de todas las operaciones y la toma de medidas para corregir cualquiera problema que sea destetado.

La aplicación del “SISTEMA OZOMAX” a aplicado a los procesos industriales a los productos pesqueros tienen como objetivos fundamental en elevar el rendimiento y calidad final de los productos pesqueros al eliminar las enfermedades que surgen durante el proceso.

Considerando un siglo de producción podemos ver que si dividimos el ciclo por secciones se puede observar que el sistema Ozomax se puede aplicar durante el proceso en diferentes etapas.

Una vez de establecido los puntos críticos de control:

Secciones del ozono Proceso industrial Lugar de aplicación

Sección 1-Materia prima de camarón entero refrigerado- ozono
Sección 2-Otros ingredientes- ozono
Sección 3-materiales de envase y embalaje
Sección 2 Etiquetado
Sección 5-Agentes limpiadores, desinfectantes y lubricantes- ozono
Sección 6-Construcción mantenimiento de instalaciones - ozono
Sección 7-Operaciones e higiene ozono
Sección 8-Control del proceso
Sección 9-Almacenamiento ozono
Sección 10-Producto final
Sección 11-Procedimiento de los rechazos

Establecimientos de los puntos críticos

No	SECCION	PELICROS	PUNTOS CRITICOS DE CONTROL
1	camarón entero refrigerado	Contaminación con Petróleo inciden en las manchas negras en más de un 5 porciento del peso	Recepción de la materia prima industria
2	Otros ingredientes: meta bisulfito, de sodio –ph <60 acido cítrico- ph>6	contaminados Fe, envases rotos o dañados	Área de aplicación
5	Agente para la limpieza, desinfección y lubricantes	No aprobado en el uso en plantas de alimentación	Antes de su utilización
6	Construcciones, mantenimiento de instalaciones y equipos de procesamiento	No cumpliendo los requerimientos establecidos	Antes del levante de la veda y en proceso
7	Operación y higiene	No cumpliendo las resoluciones dictadas por el MINSAP y MIP	Antes y durante el proceso
8	Almacenamiento	No cumpliendo lo establecido en las NRP	Almacén del producto
10	Productos finales	Incumplimiento de especificaciones físicas químicas, Microbiológicas y organolépticas	Antes re embalaje y después de la congelación

Analice de la Tecnología" SYSTEMA OZONO"

Descubierto en el siglo XIX, el ozono es una forma natural de oxigeno activado (alotropía) que se produce generalmente durante tormentas con descargas eléctrica y que ocurre continuamente en la estratosfera, como consecuencia de la presencia de rayos UV. Tan bien se puede producir artificialmente mediante descargas de alta tensión en el aire u oxigeno.

Formula O2 mas (ozono) negativo obtiene ozono (O3)

El ozono tiene propiedades altamente oxidantes, de hecho es un oxidantes dos veces más fuerte que el cloro. Cuando actúa en conjunto con otros y compuestos es entre 20 o 50 veces más eficaz que el cloro.



Foto 1. Agua potable producida de aguas residuales después del tratamiento con el sistema portátil "OZONO"

La Tecnología Sistema OZONO, es una tecnología sin productos químicos. Conseguir agua dulce, pura, limpia y potable siempre ha sido un desafió para la humanidad y preverla a un costo económico ha sido un reto aun mayor. Se han asumido grandes esfuerzos para purificar y recibir este recurso natural maravilloso tanto para el agua potable como para otras aplicaciones.
La contaminación del agua, causada por productos químicos o compuestos naturales, y la necesidad de una solución rápida y eficaz han llevado a tratamiento que atizan productos químicos para ratificar el problema.
En la actualidad, el uso de productos químicos o gran escala está siendo desaprobada. Los efectos que tendrán a gran escala sobre los seres humanos y los Ecosistemas son devastadores. La OMS y el tratado de KIOTO proponen la prohibición a nivel mundial del uso del cloro, dado que se conoce su efecto **CANCERIGENO.**
El sistema OZONE SYSTEM-OZOMAX que usa ozono, es un producto natural que purifica, limpia y potable sin productos químicos. Es altamente eficaz para la destrucción de bacterias, hongo y virus y para la producción de agua potable pura y segura.
Actualmente es creciente el uso de esta tecnología el uso de esta tecnología en el Mundo (América de Sur, E.Unidos, Canadá, China, Dubai, Egipto, Inglaterra, Corea del Norte, Cuba y otros países más.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar a nivel experimental las ventajas del sistema ozono en la industria pesquera

Principales ventajas

- Destruyen las bacterias y los virus.

La bacterias del agua potable (Coliformo, estreptococo, polio virus, etc.)

- Destruyen los compuestos orgánicos.

Elimina el tanino, los ácidos lumínicos, los insecticidas, etc. del agua potable. Destruyen los colorantes, el cianuro, los fenoles, los aromáticos, los alefinos, etc. de los afluentes industriales,

- Hacen oxidarse los metales pesados.

Elimina el hierro, manganeso y el plomo del agua subterránea.
Elimina los metales pesados, el cobre, el estaño, el plomo, el oro y la plata de los afluentes industriales.
Destruyen los compuestos órgano metálicos en la fase gaseosa.

- El ozono favorece la coagulación y la formación de partículas grandes, lo que ayuda en la floculación, tratamiento de aguas municipales terciarias.
- Blanquean el agua de los lagos, presas y de los ríos que se vuelva pura, nítidas e inodora sin la creación de residuos nocivos.
- Destruyen los hongos y las algas.

Pueden tratarse los licores hidropónicos con ozono para eliminar o reducir la formación de hongos o algas.

- Destruyen el mejillón cebra

La eficaz del OZONO ha sido demostrada a través de los años. Breve mirada a la eficacia:

- Es un agente eficaz para eliminar plomo, hierro, zinc cadmio y níquel.
- El ozono destruye muchos compuestos orgánicos volátiles.
- El ozono es libre de productos químicas.

La tecnología **"SISTEMA OZONO***"* se ha traducido en el sistema que purifica agua y aire para uso residencial (1,89 l/min.-3,85l/min.) para pueblos, suburbios y ciudades pequeñas (3., 85l/min.-75,708l/min.).
Esta tecnología se usa también para:

- Para purificar el aire y el suelo.
- Desinfectar el aire en hospitales.
- Eliminar olores en fábricas de pastas y papel, agricultura y vertederos públicos.
- Para transformar suelos contaminados para petróleo u otros químicos.

Entre las aplicaciones típicas están:

- Purificación de agua potable.
- Vertido de afluentes de textiles.
- Lavanderías.
- Plantas procesadoras de pescado.
- Refrigeración. Sistemas de refrigeración y sus equipos.

El estudio de la Tecnología Sistema Ozono tiene entre sus objetivos la posible aplicación en la refrigeración, climatización, plantas industriales y centros genéticos.



Foto 2 Sistema de purificación de agua de una municipalidad en New Brunswick

Muchos de los sistemas OSONO SISTEMA LATINO AMERICA, los cuales usan la tecnología OZOMAX son unidades estándares, mientras que otros se han diseñado específicamente para resolver problemas de agua locales. Dado que la necesidad es la madre de la invención, muchas unidades se han diseñado como equipos portátiles para facilitar su uso en áreas remotas o desastres. Las dimensione de estos sistemas varían desde 0.61 m x 0.61 m x 1.52 m (largo-ancho-alto) hasta grandes instalaciones industriales para ciudades grandes y pequeñas. Nótese que el agua que entra a la unidad está contaminada y que el agua que sale de ella esta inmediatamente segura y potable. En aplicaciones industriales y agrícolas, se pueden purificar las aguas para el reciclaje o vertido seguro.



Foto3. Sistema OZONO.

Un equipo OZOCAP es capaz ozonizar 28.800 litros de agua en 24 horas, con un consumo energético de 1 watt por litro de agua ozonizada, lo que quiere decir que en 24 horas debe consumir 2 watt o sea 28.8 MW, si tomamos como referencia la actual tarifa domestica considera que de 0 a 100 Mw. consumido tu debes paga
a razón de 0.09centavos por Mw., entonces tendremos 28.8x 9=2.69 pesos
Un analice técnico- económico comparativo durante las pruebas de campo definirá la posibilidad de que se aplique o no esta tecnología.

Conclusiones

Valoración económica y aportes Social

Los resultados de este trabajo de nuevo aporte se obtendrán después de una fase de experimentación durante la prueba de campo y posterior aplicación. Las propuestas de empresa para su aplicación, son el Centro Genético de **YAGUANABO** y La Empresa Industrial **EPICOL**

Principales resultados que se esperan:

- Aumentar la calidad y rendimiento de los productos pesqueros, como resultado obtener mayor beneficio económico
- La no utilización de agua de afluentes de los ríos y elimina las estaciones de bombeo de agua utilizando el agua de mar que usando carbono con el ozono la convierte en salubre con su consiguiente ahorro economizo.
- Reciclaje de aguas usadas.
- Simplificación de los monitoreo en los Laboratorios. Eliminación del Cloro y Prebióticos
- Mínimo Impacto Ambiental.
- Descontaminación biológica.

Este Proyecto nos permitirá conocer una nueva tecnología de punta no aplicada en nuestro país en el campo de la rama pesquera, en la eliminación de enfermedades que afectan las especies marinas en los centros de cría, procesos industriales y como sistema en los circuitos de enfriamiento permitiendo trabajar reutilizando el agua en la desinfección y limpieza de redes, calderas y en la refrigeración, eliminando las incrustaciones en los sistemas Plantas de hielo y Condensadores Evaporativos etc.

Literatura

Información recibida de OZOMAX-Global marketing inc. 2009

- Empresa de Camarón de Kentucky
- La influencia de la aplicación de ozono gaseoso y acuoso en la Flora Microbiológica
- Uso potencial del ozono en alta concentración para la descripción microbiológica rápida en productos de duración definida.
- El ozono en la acuicultura RAS SISTEM .E Unidos
- Acuatorio Virginia. E. Unidos América otras larvas.

TITULO: GESTIÓN DE LAS COMPRAS EN EL ASTILLERO CDC, CON ENFOQUE DE PROCESO

AUTORES:

Lic. Rosario Campoy Hernández Jefa Departamento de Compras

Ing. Vivian López Paneque Asistente Departamento de Compras

Organización: CARIBBEAN DRYDOCK COMPANY, INC (CDC)

Dirección: Carretera del Naval # 9, Casa Blanca, Ciudad de La Habana, **CUBA**

E-Mail: comprasvivian@cdc.co.cu

RESUMEN:

El trabajo tiene como objetivo presentar una propuesta para organizar la actividad de las compras en un Astillero de Reparaciones y Construcción Naval, a partir del enfoque de procesos que establece la Norma ISO 9001:2000.

Caribbean Drydock Company es un astillero que tiene una gran tradición en la reparación naval y en la construcción de embarcaciones de pequeño porte. En los últimos años se han incrementado las solicitudes de reparación tanto por clientes nacionales como extranjeros y han surgido nuevos pedidos para la construcción de remolcadores a solicitud de PDVSA, lo que ha influido sustancialmente en el incremento de los volúmenes de compras, haciéndose necesario una reestructuración de este proceso.

A partir de uno de los principios de la ISO 9000, **Enfoque basado en procesos** y la utilización del ciclo DEMING, como herramienta para la gestión de los procesos, desarrollamos una propuesta para organizar con mayor eficacia la gestión de las compras en nuestro Astillero.

El trabajo muestra a partir de los objetivos del proceso de compras, las diferentes etapas que abarca el ciclo PDCA, requisitos y variables de entrada del proceso, los recursos necesarios, variables de salida y los indicadores con sus criterios de medida, que permiten evaluar o medir la eficacia del proceso.

INTRODUCCION

A partir del incremento de los volúmenes de compras, como consecuencia de la reanimación de la flota nacional y las nuevas construcciones de remolcadores contratados por PDVSA, se hace necesario una reestructuración del Departamento de Compras del Astillero, tomando como base la nueva versión de las Normas ISO 9001, se diseño el proceso de Compras con enfoque de proceso, lo que facilitó hacer frente a los nuevos retos en que se involucró nuestra compañía.

En el desarrollo del trabajo se muestran los Objetivos del proceso de Compras, los indicadores y criterios de medida que permiten determinar la eficacia del mismo, se tuvo en cuenta además las regulaciones y legislación vigentes en materia de Comercio Exterior de nuestro país, ya que las condiciones propias de Cuba requieren de un mercado externo para desarrollar la industria naval.

Nuestro Astillero se sustenta en una fuerza de trabajo altamente calificada, con serias limitaciones en cuanto a la materia prima que requieren las construcciones navales, o sea que más del 90% de los suministros básicos de los cuatro remolcadores que se construyen actualmente son importados, fundamentalmente de fabricantes y proveedores Europeos, que aseguran la calidad en las construcciones, pero a la vez se requiere de una infraestructura, que garantice la Satisfacción de los Clientes y las Compras es uno de los procesos claves, dentro del Sistema de Gestión del Astillero, que tributan con mayor incidencia, en la calidad del servicio.

A continuación describimos la Gestión de Compras con **Enfoque de Procesos**, en el Astillero Caribbean Drydock Company, utilizando el ciclo DEMING, como herramienta para controlar y determinar la eficacia de dicho proceso.

DESARROLLO: PROCESO DE COMPRAS

Objetivos del proceso: Garantizar los recursos (Productos) necesarios que demanden las actividades fundamentales de CDC, con la inmediatez requerida, los requisitos de Calidad establecidos y con resultados económicamente ventajosos para el Astillero.

Indicadores:

Ordenes internas recibidas y procesadas

Ofertas recibidas en un plazo de 15 días

Tiempo para el cierre de la operación comercial (Cierre de ciclo compras / Promedio 30 días)

Reclamaciones por calidad

Criterio de Medida:

Ordenes internas recibidas y procesadas (**95 %)**

Ofertas recibidas en un plazo de 15 días **(90 %)**

Cierre de ciclo compras / Promedio 30 días) **(90 %)**

Reclamaciones: 10% con relación al total de item recibidos de las OC realizadas

Entradas del proceso:

Procedimiento de Compras;

Ordenes Internas de Compras;

Listado de productos y servicios que afectan la calidad;

Listado de proveedores evaluados / aprobados

Especificaciones técnicas y otros requisitos de calidad para los productos

Proceso de Compra, de acuerdo al Ciclo DEMING

PLANIFICACION DEL PROCESO DE COMPRAS (PLAN)**

- ✓ Recepción de las órdenes internas de Compra (O.I.C.)
- ✓ Análisis de la O.I.C antes de procesarla y definir comprador
- ✓ Registro y asignación del N º de la O.I.C
- ✓ Distribución de las OIC por compradores

DESARROLLO Y EJECUCION DE LAS COMPRAS (DO)**

Etapa I. -Análisis y procesamiento OIC requisitos técnicos, de calidad, plazo entrega etc.

- ✓ Análisis técnico de la OIC por los compradores
- ✓ Búsqueda de antecedentes de compras del producto.
- ✓ Selección de los Proveedores idóneos, aprobados. Precios, Tiempos de entrega, etc.
- ✓ Consultar las condiciones de Contratación acordadas previamente (Condiciones Generales del Contrato).
- ✓ Introducir en el Sistema de Compras cada ítem de la O.I.C.
- ✓ Enviar las solicitudes de ofertas al menos a 5 suministradores (**3 días hábiles**).
- ✓ Lograr las ofertas dentro de los **10 días** a partir del envío de la solicitud, reclamando las no recibidas en un término de 5 días
- ✓ Recibir por correo todas las ofertas y reenviarlas al cliente interno automáticamente, exceptuando las de stock.
- ✓ Cargar al Sistema de Compras cada oferta recibida y elaborar pliego de concurrencia
- ✓ Negociar precios comparando con precios anteriores y mercado mundial.

Etapa II. - Aprobar la Compra

- ✓ Conciliar la **OFERTA** que deberá someterse a aprobación en el Grupo de Aprobación de Presupuestos, evidenciada con la firma del cliente interno **(3 días).**
- ✓ Presentar expediente, con análisis de precios, para su revisión al Asistente **(2 días).**
- ✓ Preparar comentarios al GAP relacionados con el análisis de precios y selección de la **oferta** propuesta y enviar a todos sus miembros.
- ✓ Presentar al GAP las propuestas de Contratos
- ✓ Posterior a las aprobaciones en el GAP:
- ✓ Alimentar el Sistema Informático de Compras
- ✓ Cambiar condición de compras y elaborar Orden de Compra
- ✓ Controlar ejecución (cierre de la Orden de Compra, entrega de expedientes a Tesorería de CDC, para controlar presupuestos, créditos y otros en correspondencia con el flujo de caja.

Etapa III . - Cierre de la Operación

- ✓ Elaboración de la Orden de compra o elaboración expediente al MITRANS o BCC.
- ✓ Envío a los proveedores de las órdenes de compra, entrega de los expedientes a Tesorería
- ✓ Entrega de copia de las ordenes de compra a Almacenes, Contabilidad y al expediente de COMPRAS.
- ✓ Recibir confirmación de los proveedores aceptando la orden de compras **(3 días)**
- ✓ Control de las entregas pactadas realizando los recordatorios previos a la fecha de entrega y las reclamaciones que procedan por incumplimiento según contratos firmados.

Etapa IV. - Extracción y Transportación de Mercancías

- ✓ Se recibe anuncio de los proveedores se guardan en carpeta compartida (acceso a todos los compradores y apoderados)
- ✓ Se revisa la documentación y si hay carencia de información se solicita al proveedor.
- ✓ Se introduce en Sistema de Compras el documento de embarque correspondiente (B/L, AWB, Trámite en frontera)
- ✓ Se clasifican las partidas arancelarias objeto de importación según SACLAP Obtención de Manifiesto de carga: Carga aérea contra guía original que se entrega en aeropuerto. Carga marítima por Internet.
- ✓ Elaborar y Transmitir vía INTERNET Declaración de Mercancías Presentar y habilitar ante la Aduana

- ✓ Solicitar pagos asociados con los trámites aduanales a través de órdenes de servicio, revisando facturas y conciliación decenal de aduana. (Convenio por decenas)
- ✓ Solicitar fondos para servicios de Aeropuertos y presentar al GAR
- ✓ Solicitar los gastos asociados con las cargas marítimas (servicios portuarios, manipulación, almacenaje, costos de entréguese de B/L etc) y presentar al GAR
- ✓ En aeropuerto se realizan los trámites de expedición, se carga, transporta y se entrega en el área de recepción.
- ✓ Se gestionan contratos de transportación Se gestionan todos los permisos asociados con las cargas (MININT, MINSAP, MIC, MINCEX, Farmacia, MINBAS, etc.)

CONTROL DEL PROCESO (CONTROL)

El control del proceso se centra fundamentalmente en monitorear sistemáticamente la ejecución y el estado de las órdenes internas de compra y los plazos establecidos para cada una de las etapas, posteriormente se realiza un análisis trimestral para verificar el cumplimiento de los indicadores que definen la eficacia del proceso.

El Jefe del Departamento y los Asistentes de Compras son los encargados de realizar el control del proceso, tomando como referencia los procedimientos que establecen los requisitos y regulaciones del proceso de compras, entre ellos el procedimiento para la evaluación y aprobación de los proveedores, el procedimiento de compras, documentos Aduanales con carácter legal y otras regulaciones de los Organismos de la Administración Central.

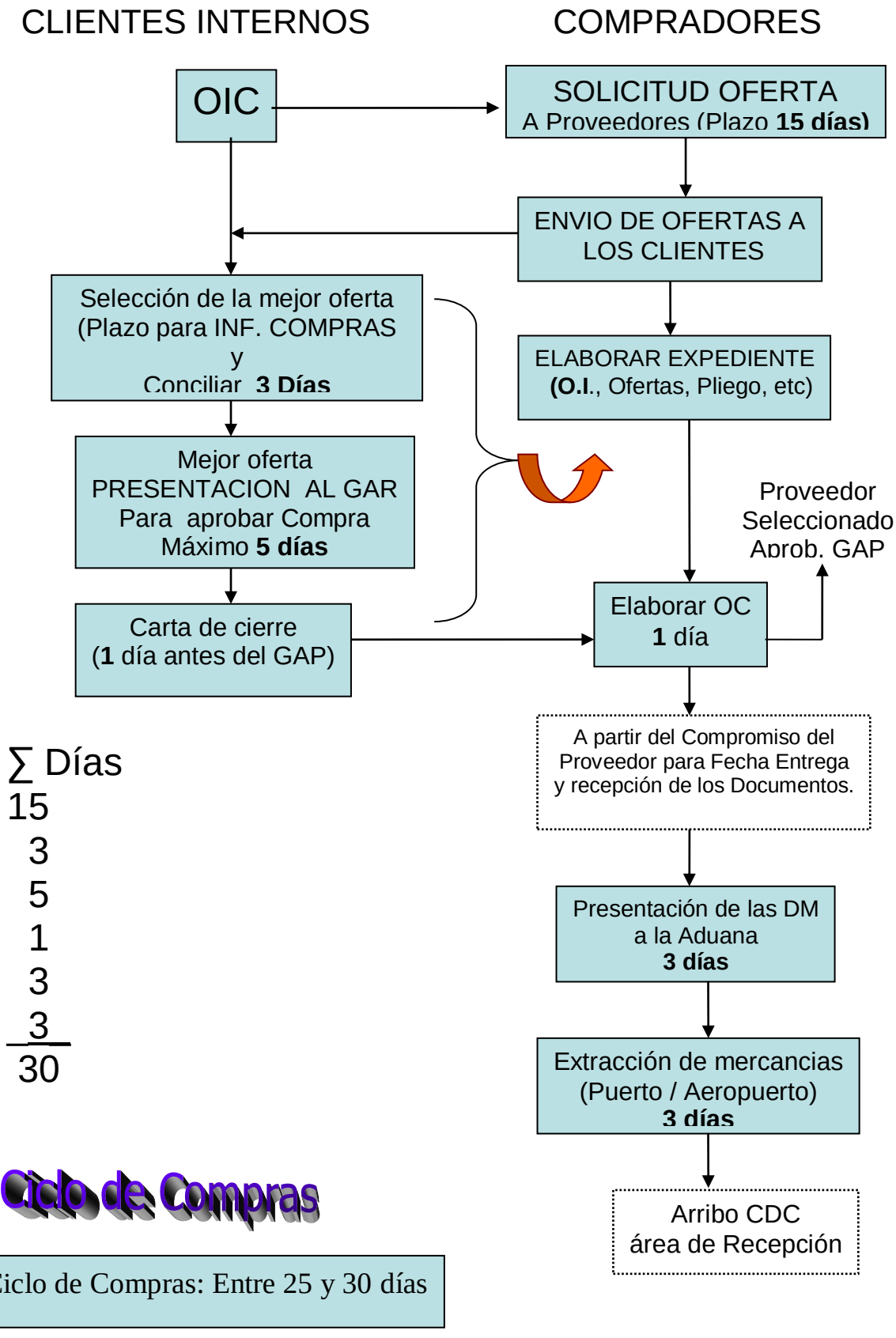
Las Auditorías Internas son además un marco propicio para realizar controles al proceso, solo que en este caso son desarrolladas por auditores internos independientes del área de Compras.

MEJORA DEL PROCESO(ACTION)

A partir de los resultados del proceso y la medición de los indicadores, se determinan las oportunidades para la mejora continua, evaluando si se requieren acciones técnico organizativas, mejoras en la infraestructura de trabajo u otros recursos adicionales.

Un ejemplo concreto de acciones para la mejora continua lo constituyo la reestructuración del Departamento de Compras. El objetivo principal fue acortar los cierres del ciclo de compras, distribuyendo las actividades de apoyo a un nuevo grupo de especialistas, que se encargan de gestionar la evaluación de los proveedores, los contratos de compra venta, las reclamaciones a proveedores y los tramites para la extracción de las mercancías del puerto o aeropuerto; con ello se logro acortar el cierre de la operación comercial e incrementar los niveles de compras sin afectar la calidad del proceso.

Gráfica con el **Ciclo de Compras** y el tiempo estimado en el cual se deben desarrollar todas las Etapas del proceso de Compras en CDC. (No incluye Actividades de Apoyo).

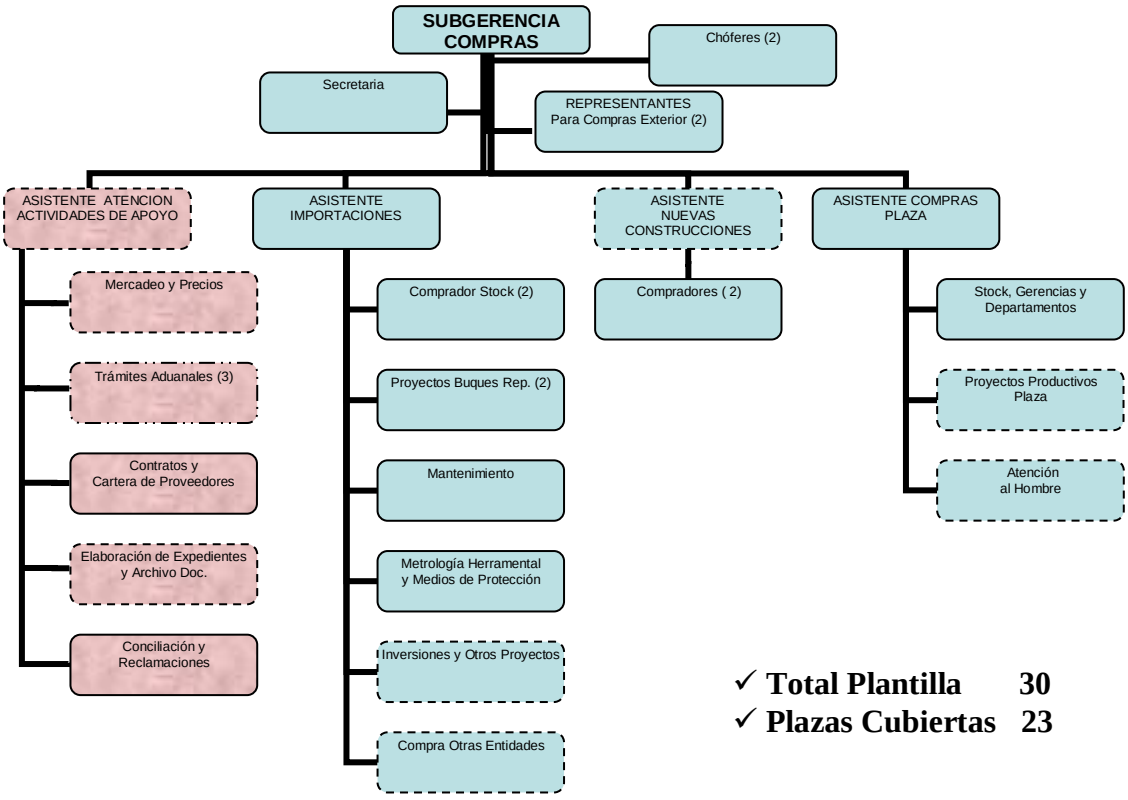


Ciclo de Compras: Entre 25 y 30 días

Conforme a la planificación y distribución de las Ordenes Internas de Compra, se constato durante el control del proceso, que para poder garantizar los recursos (Productos) necesarios que demanden las actividades fundamentales de CDC, con la inmediatez requerida, se requería de acciones de mejora en la gestión de las compras.

Consideramos que la reestructuración del Departamento de Compras y la asignación de especialistas competentes para las actividades de apoyo a las compras, fue una medida técnico organizativa muy eficaz para logar alcanzar las metas propuestas.

Es importante destacar además que dentro de la nueva distribución de responsabilidades, se tuvieron en cuenta los perfiles de competencia de cada uno de los compradores, por tal motivo se agruparon por equipos independientes los compradores para las áreas de Importaciones, Compras en Plaza (domésticas) y Compras para las Nuevas Construcciones, a continuación mostramos el organigrama propuesto para desarrollar la Gestión de Compras.



LEYENDA:

---- Plazas no cubiertas

-·-·- Plazas parcialmente cubiertas

Los cuadros rosados identifican las actividades complementarías a las COMPRAS

La Acción de Mejora propuesta implica el incremento de la plantilla, con la asignación de Recursos Humanos que cumplan los requisitos de competencia para ocupar las plazas, como compradores, especialistas en contrataciones y apoderados de Aduana, entre otros.

Posteriormente se analizaron y determinaron las responsabilidades y obligaciones funcionales para cada puesto de trabajo y se comenzó la selección del personal idóneo para cada caso particular.

En estos momentos la plantilla del Departamento esta cubierta en un 76%, a finales de este año se realizará el análisis del costo beneficio de la acción de mejora y determinar si con los volúmenes de compras que se proyectan para el 2010 realmente se requiere completar la plantilla propuesta al 100%.

CONCLUCIONES:

A partir de la utilización del enfoque de procesos en la actividad de Compras se logro cumplir las metas propuestas para el 2008, los niveles de compras se incrementaron con relación al año anterior y se alcanzaron cifras superiores a los 15 millones de Euros, estas compras, de materia prima, materiales y equipos están destinadas fundamentalmente a la construcción de cuatro remolcadores de 4786 HP y 55 Bollar Pull, es importante destacar el reto que implica la construcción naval en un país subdesarrollado como el nuestro, ya que el 90% de los productos son importados fundamentalmente desde Europa, en tal sentido el Departamento de Compras del Astillero constituye un eslabón fundamental en el proceso productivo.

Utilizar el enfoque de procesos en la gestión de compras y herramientas como el ciclo DEMING para controlar y monitorear la eficacia de dicho proceso, posibilitó conocer de manera oportuna el grado de cumplimiento de los objetivos, así como identificar las oportunidades de mejora, que permitieron afrontar los incrementos en los volúmenes de compras y asumir el gran reto que representa la construcción naval en un Astillero como el nuestro.

GESTIÓN CON CALIDAD DEL NEGOCIO EN INDUSTRIAS PROCESADORAS DE PRODUCTOS DEL MAR Y ACUÍCOLAS: LA FORMACIÓN DEL PERSONAL Y LA INTEGRACIÓN DE LAS REGULACIONES ISO 9000 Y HACCP EN UN SOLO SISTEMA.

Lic. Natasha Aguila Valdés
Empresa de Proyectos Navales (CEPRONA)
Oficios No. 452 e/ Acosta y Jesús María, Habana Vieja, Ciudad de la Habana, Cuba.
E- mail: valdesnaty@yahoo.es

Ing. Lourdes Hormaza Montenegro
Empresa de Proyectos Navales (CEPRONA)
Oficios No. 452 e/ Acosta y Jesús María, Habana Vieja, Ciudad de la Habana, Cuba.
E-mail: lulahormaza@yahoo.es

RESUMEN:
La calidad es parte integral de la gestión empresarial y debe reflejarse en las finanzas, los procesos internos, la mejora y los clientes. Establecer un sistema capaz de convertir la misión, visión y valores de una organización en políticas, objetivos y acciones eficaces para la mejora continua, haciendo énfasis en la formación del personal y teniendo en cuenta las estructuras y procesos ya existentes lleva a que la Gestión del Negocio se convierta en Sistema de Gestión del Negocio con Calidad.
El trabajo se centra en la experiencia de gestionar los procesos de la organización con tal enfoque, lo que es aplicable a cualquier tipo de empresa o grupo de empresas centradas en el procesamiento de productos pesqueros (marinos y acuícolas de agua dulce), que tengan aplicado el sistema HACCP a la realización de sus productos. Se exponen las experiencias en la asesoría al diseño e implantación de sistemas de gestión de calidad, resaltando el papel de la formación y motivación del personal.

0. INTRODUCCIÓN.-

En el entorno moderno se ha detectado que la mejor forma de obtener la eficiencia y eficacia en la productividad, lejos de la especialización, se encuentra en la integración de procesos, en la integralidad de las personas y en las soluciones integrales. El término "integral" es parte activa de las economías modernas, y en las organizaciones con enfoque hacia la Calidad es aún más importante ya que la meta es la optimización. Es decir, hacer que todo funcione de una forma en la que se minimicen los recursos y se maximicen las utilidades, lo que se considera como la forma óptima.

La obligación de cumplir con regulaciones internacionales y nacionales acerca de los productos y servicios que las empresas ponen en el mercado va más allá del acto mismo de producir y vender. La garantía de calidad que todos esperan está también en los procesos y la gestión que respaldan la producción de bienes o la prestación de servicios. Ello ha llevado a la implantación de Sistemas de Gestión en las empresas con el propósito de mejorar continuamente la eficiencia interna (para la organización significa mantenerse económicamente competitiva), satisfacer las necesidades individuales de los clientes y mantener el nivel de desempeño que el mercado normalmente espera.

La norma ISO 9004 plantea que:

> *"Dirigir y operar una organización con éxito requiere gestionarla de una manera sistemática y visible. El éxito debería ser el resultado de implementar y mantener un sistema de gestión que sea diseñado para mejorar continuamente la eficacia y eficiencia del desempeño de la organización mediante la consideración de las necesidades de las partes interesadas. Gestionar una organización incluye gestionar la calidad entre otras disciplinas de gestión"*[1]

La experiencia obtenida en el cumplimiento de los requisitos de la normativa en empresas tan diversas, demostró la versatilidad y aplicabilidad del modelo NC ISO 9001, independientemente del objeto económico social, del tamaño, de la estructura funcional, de la cantidad de trabajadores, de las regulaciones obligatorias relacionadas con el producto o servicio, etc. La generalización a grupos empresariales, al que se subordinan empresas con diferentes estructuras de producción y funciones sociales, con sistemas de gestión de calidad implantados y/o certificados, integrados o en proceso de integración a otros sistemas de gestión ha comprobado la factibilidad de este propósito de gestionar los procesos en función del mejoramiento de la práctica empresarial.

Para ello se partió del estudio y análisis de las experiencias obtenidas del trabajo con empresas diferentes, por especialistas de la Empresa de Proyectos Navales (CEPRONA), miembro del IPIN Cuba, identificando los elementos comunes y las peculiaridades de cada caso. Además, se identificaron las diferencias entre los propios grupos empresariales de la industria pesquera, para precisar los rasgos diferenciadores entre los sistemas de gestión de calidad de uno y de otros. El papel de la formación del personal y la integración al sistema HACCP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control) implantado en la industria pesquera, reconocido por la autoridad competente y aceptado por los clientes de esas entidades ha sido fundamental.

1. DESARROLLO-

1.1 GESTIONAR SISTEMAS

Tomando como punto de partida las definiciones que aparecen en la norma ISO 9000: 2000[2] podemos acotar que:

- **GESTIÓN:** son las actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización
- **SISTEMA:** es el conjunto de elementos mutuamente relacionados o que interactúan
- **SISTEMA DE GESTIÓN:** es el sistema para establecer la política y los objetivos y para lograr dichos objetivos (NOTA: Un sistema de gestión de una organización podría incluir diferentes sistemas de gestión, tales como un sistema de gestión de la calidad**,** un sistema de gestión financiera o un sistema de gestión ambiental)

Establecer un sistema de gestión, entonces, es una estrategia de calidad capaz de convertir la misión, visión y valores de una organización en políticas, objetivos y acciones eficaces para la mejora continua. La calidad es parte integral de la gestión empresarial y debe reflejarse en las finanzas, los procesos internos, la mejora y los clientes.

La experiencia obtenida en el cumplimiento de los requisitos de la normativa en empresas tan diversas permite la generalización a los grupos empresariales, que son órganos superiores de dirección al que se subordinan empresas estatales con diferentes estructuras de producción y funciones sociales, y muchas de ellas con sistemas de gestión de calidad implantados y/o certificados, integrados o en proceso de integración a otros sistemas de gestión, confirma la factibilidad de las acciones emprendidas.

---

[1] ONN. NC ISO 9004: 2001 Sistemas de Gestión de la Calidad. Directrices para la mejora del desempeño, p. 12
[2] ONN. NC ISO 9000: 2001 Sistemas de Gestión de la Calidad: Fundamentos y vocabulario p.16

1.2 DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD. ELEMENTOS COMUNES Y DISTINTIVOS EN EMPRESAS Y GRUPOS EMPRESARIALES.

El diseño, elaboración e implantación de sistemas de gestión de la calidad según requisitos de la norma NC ISO 9001 abarca de forma general estas etapas:

En la **PLANIFICACIÓN** del proyecto se realizan las siguientes actividades:

a) Identificación de la posible necesidad de implementar el sistema de gestión de calidad
b) Formación del equipo del proyecto
c) Asegurar el compromiso de la dirección
d) Definición del ámbito del sistema
e) Establecimiento de la política de calidad
f) Preparar y acordar el plan de acción del proyecto
g) Comunicar a toda la organización el propósito del proyecto

En el **DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA** son esenciales las actividades siguientes:

- Comprender los requisitos de la norma ISO 9001:2000
- Formar y motivar
- Estructurar el sistema de calidad
- Identificar los procesos empresariales
- Identificar lo que ya existe
- Comparar el sistema con los requisitos de la norma ISO 9001
- Determinar el formato de los documentos
- Determinar los métodos de control de los documentos
- Desarrollar la documentación

La etapa de **IMPLANTACIÓN** del sistema diseñado y las subsiguientes comprenden lo que sigue:

a) formar y motivar
b) realización de auditorías internas
c) toma de acciones correctivas
d) revisión por la dirección
e) auditoría externa previa a la certificación
f) revisión y ajuste

1.2.1- Elementos que distinguen los sistemas de las empresas y grupos empresariales

Desde el propio propósito de implantar un sistema de este tipo pueden distinguirse motivaciones diferentes: por requerimientos del cliente y/o las regulaciones vigentes; porque existen competidores con sistemas certificados; para obtener ventajas comerciales; para mejorar la calidad de los productos y servicios; mejorar la eficacia de la organización; para cumplir lo que el organismo superior orienta, etc.),

Aún cuando las etapas de diseño e implantación de sistemas de gestión de la calidad antes descritos se cumplen de forma general en cada una de las empresas que han emprendido este camino, se distinguen unas de otras en el cumplimiento de las diversas actividades comprendidas en cada una de ellas.

El fundamento de las diferencias está en la estructura de la organización dada, en las funciones que ejecutan estas organizaciones dado el objeto empresarial aprobado para su integración, en las relaciones de subordinación que establecen con órganos superiores de dirección; además son determinantes los procesos que se suceden; las regulaciones legales y reglamentarias que deben cumplir, así como la documentación existente y la requerida por la normativa.

A continuación se detallan estos elementos distintivos:

<u>De la definición del ámbito del sistema</u>

La DEFINICIÓN DEL ÁMBITO DEL SISTEMA se realiza con el propósito de identificar los productos o servicios cubiertos por el sistema. Esto resulta importante para:

· **La organización:** *Establecer los límites del sistema; el marketing; la publicidad.*

· **Los clientes:** *Para identificar su competencia; obtener confianza; solicitar ofertas.*

· **El organismo certificador:** *Seleccionar a los auditores; establecer los límites de la auditoría.*

El proceso de definición del ámbito del Sistema tiene como entradas**:**

· Propósito de la organización

· Misión

· Visión

· Política de calidad

· Productos o servicios a suministrar

· Requerimientos de los clientes, del mercado

De acuerdo con esto las diferencias entre los ámbitos de los sistemas de una organización a otra o a un grupo empresarial están fundamentadas. Vean estos ejemplos:

- En una empresa de ingeniería y proyectos, sería:

Diseño de embarcaciones de hasta 65 m de eslora y prestación de servicios técnicos navales, civiles e industriales.

- En una empresa comercializadora del sector naval:

Importación y comercialización de productos navales e industriales

- En una empresa pesquera industrial, procesadora de productos del mar:

Captura, procesamiento y comercialización de langosta

En los grupos empresariales, que son aquellas organizaciones superiores de dirección adscriptas a un Organismo o al Consejo de la Administración Provincial, a la que se le subordinan empresas estatales con diferentes estructuras de producción y funciones sociales, definir el ámbito del sistema es peculiarmente difícil el establecimiento del ámbito del sistema.

Las empresas que forman parte del grupo empresarial no tienen necesariamente una interrelación directa entre sí y pueden tener diferentes tecnologías y procesos, y en realidad los grupos constituyen centros contables e informantes, no responden por las obligaciones contraídas por las empresas que atienden, al igual que éstas no responden por las obligaciones del grupo empresarial, salvo los casos en que se estipule lo contrario por el Gobierno.

Los grupos empresariales, como toda empresa tienen: propósito de la organización; misión; visión; política de calidad. Pero no tienen: productos o servicios a suministrar, cumpliendo los requerimientos de los clientes, del mercado. *El resultado de los procesos de un grupo empresarial no son precisamente productos o servicios y su relación con el mercado no es directa puesto que no comercializa nada*. Los productos y servicios son resultado de la gestión de las empresas que los integran y mayormente estas mismas son las que los comercializan.

En realidad, según sus funciones, establecen metodologías, políticas, planifican y controlan el resultado de la gestión de las diferentes empresas; sólo constituyen centros contables e informantes y deben aportar con su gestión un beneficio práctico a las empresas que la integran.

Por otra parte, un grupo empresarial no funciona igual a otro; existen diferentes grados de incidencia, aglutinamiento, participación de la casa matriz en la gestión de las empresas. De modo que, encontramos a grupos cuyas empresas actúan totalmente de modo independiente y

el papel de centro contador e informante es más relevante por un lado, y otros grupos que participan en mayor medida en la planificación y control de la producción de sus empresas, en la toma de decisiones al respecto, en la contratación de proveedores y con las comercializadoras del producto, hasta en la elaboración de procedimientos e instrucciones para ejecutar las actividades productivas.

La solución en el proceso de diseño y elaboración de los sistemas de gestión de calidad en los grupos empresariales ha partido entonces de la aplicación de los elementos generales obtenidos en empresas diversas y que han demostrado que son válidos. En segundo lugar, definir en cada caso aquellos elementos necesarios en las etapas de diseño, implantación y mantenimiento en cumplimiento de los requisitos de la normativa.

El ámbito del sistema podría ser entonces, en síntesis ***la planificación, control y asesoría metodológica a la gestión de las empresas***

De la estructura el sistema de gestión de la calidad

Las organizaciones pueden variar en cuanto a tamaño y estructura organizativa, localización geográfica, complejidad, métodos de operación, procesos, tipo de propiedad sobre los medios, competencia de su personal, cultura organizacional, productos y servicios, etc. Por tanto, la estructura de los sistemas no puede ser la misma de una a otra, sino que debe ser realizada a la medida de cada organización individualmente; copiar un sistema ajeno no es precisamente la respuesta.

No hay un sistema "ideal", sino que cada uno es diferente. La forma más lógica de hacer esto es trazar un sistema que refleje la estructura del negocio de la organización a través de sus procesos.

Los documentos exigidos por la norma son: Política de calidad, Objetivos de calidad, Manual de Calidad, Procedimientos y Registros de calidad. Estos pueden representarse en orden jerárquico en forma piramidal, donde la Política conforma la cúspide del sistema y los registros constituyen la base. Además de los documentos específicos mandatorios definidos en el texto de la norma, las empresas definen la documentación que necesitan para controlar adecuadamente los procesos empresariales, con el propósito de suministrar productos o servicios que satisfagan los requisitos de sus clientes y requisitos regulatorios. La extensión de cada nivel de documentación estará en dependencia de la dimensión de la organización, tipo de actividades, complejidad de sus procesos, la competencia del personal, los riesgos de los fallos, exigencias de las regulaciones legales y reglamentarias vigentes, etc.

Las diferencias de una organización a otra se distinguen en:

- Establecimiento de una política para el sistema en relación consecuente con otras políticas: financieras, de compras, de personal, de capacitación, de relaciones públicas, de investigación y desarrollo, de seguridad laboral, de medioambiente; o establecimiento de una política integradora del propósito de varios sistemas
- Elaboran manuales de calidad breves o extensos, que incluyen referencias a procedimientos en cada acápite, o listados maestros de estos, o los mismos procedimientos; incluyen los objetivos y la política o no.
- Elaboración de manuales de procedimientos e instrucciones, dándole tratamiento diferenciado a los requeridos por la norma, de los otros generales y específicos establecidos por la empresa; o elaboración de manuales únicos que incluyen toda la documentación.
- Distinción entre la documentación del sistema de calidad y la implementada en cumplimiento de las regulaciones legales y reglamentarias aplicables; o integración de la documentación de los sistemas de gestión
- Distinción entre los registros requeridos por la norma y los resultantes de la aplicación de requisitos regulatorios; o integración de registros, formatos y planes de los diversos sistemas

Además de las diferencias lógicas en la identificación, estructura de los documentos, controles establecidos en la gestión documental, etc.

En cuanto a estructurar el sistema de calidad en los grupos empresariales se debe tener en cuenta que deberá reflejar la estructura de la gestión de la organización a través de sus procesos. De modo que, esta labor está estrechamente ligada a la definición de los procesos generales y específicos de cada área.

Además, la política y los objetivos del grupo deberán servir de guía estratégica para la concepción de las políticas de calidad y objetivos estratégicos de las empresas; si hasta hoy muchas de ellas establecieron estos documentos en sus respectivos sistemas de forma más o menos independiente, habrá una coordinación más estrecha en las metas trazadas y de hecho, un trabajo de conjunto mucho más armónico. No han sido pocas las contradicciones respecto a la imposición por los grupos de metas no relevantes o inalcanzables para las empresas en un período determinado.

La estructura de los manuales de procedimientos e instrucciones deberá atender al desarrollo de los procesos propios y en aquellos grupos, dónde la implicación de la casa matriz ha sido

más activa, de llegar incluso a escribir los documentos por los cuales se rige la producción de las empresas, llegar a distinguir entre la documentación del sistema propio y la que rige el trabajo de los otros.

De la identificación de los procesos empresariales

La norma ISO 9001:2000 requiere se definan los procesos y su interacción. Este es el punto de partida para desarrollar el sistema de gestión y constituye un elemento diferenciador fundamental que influirá en la estructura y la complejidad del sistema a implantar. La norma no especifica cómo mostrar los procesos empresariales y su interacción. La organización puede hacerlo de acuerdo a su conveniencia, sin embargo, siempre debería identificar y representar sus procesos de forma que cumpla con el propósito de la cláusula de la norma y con las necesidades de la organización.

Según NC ISO 9001, los procesos necesarios para el SGC incluyen:

- Procesos para las actividades de dirección
- Procesos para la provisión de recursos
- Procesos para la realización del producto
- Procesos para la medición, el análisis y mejoras

En el despliegue de los mapas de procesos influyen la misión de la empresa, el ámbito, y estructura de las empresas, si hay varios géneros de procesos de realización del producto y/o servicios. En el caso de los grupos empresariales, por ejemplo, se mantienen los mismos procesos de apoyo y estratégicos (siempre teniendo en cuenta que definirán este aspecto la estrategia como Grupo y hacia las empresas que la agrupan); en el elemento distintivo está dado en aquellos de realización del producto, que están íntimamente ligados al ámbito definido para el sistema: la planificación, control y asesoría metodológica a la gestión de las empresas.

Esto influye en la determinación de los procedimientos y demás documentos a elaborar y, a su vez, está determinado por el mayor o menor grado de incidencia del actuar de los grupos en las empresas que se adscriben a ellos. Si el control es mayor, es posible que en el mapa de los procesos, en los de realización del producto aparezca más de un proceso.

De la identificación de lo que ya existe

Teniendo en cuenta la estructura que se dará al sistema, se identifica y recopila toda la documentación, incluidas regulaciones técnicas, legales y reglamentarias a cumplir, con la cuenta la organización. Se agrupan de acuerdo a cada nivel de la estructura del sistema diseñado. Este paso permite conocer lo que se tiene, y es punto de partida para identificar lo que tendrá que hacer en cuanto a documentación.

El desarrollo de los procesos en cumplimiento de regulaciones técnicas, legales y reglamentarias imprime su propio sello a los diferentes sistemas; lo que es importante o aplicable a unos no lo es para otros. Aunque de manera general las empresas deben cumplir con los legislado acerca del Sistema de Dirección y gestión Empresarial (Perfeccionamiento), del Sistema de Control Interno o lo legislado nacional e internacionalmente para la gestión del medio ambiente y de la seguridad y salud del trabajo, lo particular de la realización del producto (en relación directa con el ámbito de certificación identificado) determina la línea a seguir en el sistema.

Al identificar lo que existe es primordial tener en cuenta todas las regulaciones y orientaciones originadas desde los grupos hacia las empresas, porque constituyen documentos generados en la realización del producto de este tipo superior de organización empresarial (en cumplimiento de dicha misión metodológica). Y también identificar todas las regulaciones nacionales (incluidas las del organismo) e internacionales que inciden en el trabajo propio y las que deben ser cumplidas por las empresas y que los grupos deben controlar su implantación y cumplimiento. Aquí es fundamental todo lo relacionado con la implantación de otros sistemas de gestión, y el grado de obligatoriedad que significan.

Ejemplos de regulaciones a tener en cuenta: *Regulaciones (Reglas) de las sociedades clasificadoras para el diseño y remodelación de embarcaciones; normas internacionales para el diseño de embarcaciones; regulaciones nacionales para la importación de productos; regulaciones internacionales para el tráfico y el comercio internacional; Sistema HACCP; regulaciones nacionales para la elaboración de productos pesqueros, etc.*

Existen grupos empresariales que tienen elaborada gran parte de la documentación necesaria para el desarrollo de sus procesos; otros se han ocupado de elaborar las regulaciones que deben cumplir sus empresas y sin embargo no han documentado sus propios procesos.

Del desarrollo de la documentación

Como elemento distintivo, desarrollar la documentación del sistema está influido por el ámbito definido, los procesos identificados, la estructura acordada, la documentación con que se cuenta, incluidas las regulaciones legales y reglamentarias a cumplir. Lo común es que toda empresa u grupo empresarial que diseñe su sistema deberá elaborar como mínimo los procedimientos mandatorios exigidos por la norma NC ISO 9001, en su última versión. De modo que, la documentación de los sistemas de todas las organizaciones contempla:

a) *Documentos que definen el propósito y la dirección de una organización* (políticas y objetivos)

b) *Documentos que proporcionan información sobre el SGC de la organización* (manuales de calidad, mapas de procesos)

c) *Documentos que proporcionan información relacionada con actividades específicas* (procesos, procedimientos, instrucciones de trabajo, planos)

d) *Documentos que describen cómo se aplica el SGC a proyectos o contratos específicos* (planes de calidad, planes de puntos de inspección)

e) *Documentos que proporcionan evidencia objetiva de las actividades llevadas a cabo o de los resultados obtenidos* (registros, actas, check list)

La mayor o menor cantidad de documentos a elaborar está en dependencia del tamaño de la organización, de la complejidad de sus procesos y de la competencia del personal. El ámbito del sistema, los procesos identificados son claves a la hora de elegir qué es lo que queda por escribir

La documentación se distingue de un sistema a otro en:

- Políticas de calidad o integradas a otros sistemas
- Establecimiento de objetivos empresariales, desplegados a uno, dos niveles estructurales, a procesos o hasta puestos de trabajo
- Elaboración de los seis procedimientos mandatarios para el SGC o menos, fusionando por temas, a saber: control de los documentos con los registros; productos no conformes con acciones correctivas y acciones preventivas.
- Elaboración de los procedimientos mandatarios de manera integrada a los exigidos por otras regulaciones (por ejemplo: Sistema HACCP) o de manera independiente unos de otros.
- Elaboración de procedimientos, instrucciones, especificaciones, manuales de acuerdo con las actividades específicas de cada organización y las regulaciones específicas

establecidas y establecimiento de los registros adecuados para evidenciar la ejecución de las actividades

En la documentación a elaborar por los grupos empresariales, por ejemplo, según los requisitos de la norma pueden surgir coincidencias y elaborarse procedimientos con alcance múltiple. Por ejemplo: En el tema de las auditorías, puede ser elaborado un procedimiento para las auditorias internas en el grupo para medir el funcionamiento del sistema, y que sea aplicable también en los procesos de realización del producto, a saber, el control de las actividades de las empresas por especialidades (auditorías o inspecciones). Esto es aplicable incluso en los grupos donde la implantación del sistema HACCP exige la realización de auditorias; de hecho, muchas empresas han elaborado procedimientos integrados de auditorias internas para satisfacer los requisitos de ambas normativas (HACCP y NC ISO 9001).

El ámbito de certificación definido, los procesos identificados y las regulaciones legales y reglamentarias identificadas en la documentación existente, influyen a la hora de elaborar la documentación que proporciona información sobre las actividades específicas (procedimientos, instrucciones, registros).

1.3 LA IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD EN EMPRESAS Y GRUPOS DE EMPRESAS QUE YA TIENEN El HACCP. PAPEL DE LA FORMACIÓN DEL PERSONAL

Las empresas que conforman los grupos empresariales en la industria pesquera deben cumplir regulaciones nacionales y extranjeras, generales y también específicas, relacionadas con sus producciones, y están sometidas a la supervisión de terceras partes, que pueden ser autoridades competentes, clientes, etc. Concretamente, aquellas dedicadas a la manipulación y procesamiento de alimentos destinados al consumo humano deben seguir la pauta marcada por muchas instituciones.

El sistema **HACCP – Hazard Analysis Critical Control Points** constituye la manifestación concreta de la aplicación de una regulación de este tipo. Su nombre se traduce como Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control, y se define como *un sistema preventivo, lógico y simple, pero altamente especializado y diseñado para asegurar la producción de alimentos inocuos*.[3]

[3] DCT-02-06-05 HACCP Aplicación en establecimientos pesqueros, p. 1

Una empresa procesadora industrial de productos del mar es una entidad cuyo objeto es capturar, procesar y comercializar especies marinas (langosta, túnidos, escama, ostiones, esponjas, otros), con la consiguiente afectación del entorno ambiental y en condiciones tales en la que hay que asegurar la seguridad y salud del trabajo. Su objetivo primordial está en vender productos del mar presentados de forma tal que cumplan las expectativas de clientes muy exigentes y tengan una garantía de inocuidad.

En el proceso de realización del producto se encadenan varios subprocesos, agrupados en tres fases fundamentales: captura, procesamiento y venta. El control de la calidad en las empresas cubanas dedicadas a esto se centró inicialmente en la implantación de del HACCP en la fase del **procesamiento**, aún cuando se reguló mediante procedimientos de trabajo otras actividades fuera de la industria procesadora propiamente dicha. El sistema se fue ajustando en la medida en que se sucedían las mediciones realizadas por la autoridad competente nacional y los clientes nacionales y extranjeros.

A nivel documental el HACCP generó la elaboración de una política, manuales y procedimientos operacionales, planes de calidad, de acciones correctivas y preventivas en relación con la realización del producto y en lo referente al monitoreo y control se desarrollaron y aplicaron las auditorías de HACCP internas. Se mantuvieron las auditorías e inspecciones de segunda y terceras partes (autoridad competente nacional y clientes extranjeros).

La integración del SGC con el HACCP tuvo como primer paso **LA PLANIFICACIÓN** del cambio. Y dentro de la planificación del cambio se deben establecer las bases esenciales, comunes de estos sistemas, así como las diferencias entre uno y otro. Además, del estudio de los requisitos de ambos sistemas estableciendo diferencias y puntos de enlace, se preparó al la Alta Dirección, a los especialistas del grupo encargado del diseño y ejecución del proyecto, entre los que se incluyeron los auditores y técnicos del sistema HACCP.

La formación y motivación del personal en la integración debe comprender la explicación a los involucrados de:

- Propósito de los cambios,
- Por qué hay que hacer
- Qué hay que hacer
- Cómo hay que hacer

A continuación se muestra un ejemplo en la Figura 1 de cómo se enlazan los requisitos exigidos a ambos sistemas, lo que facilita la integración. Se refiere a las medidas preventivas implantadas por el HACCP en las empresas procesadoras de productos pesqueros, las que se corresponden con los requisitos declarados para los SGC según norma ISO 9001.

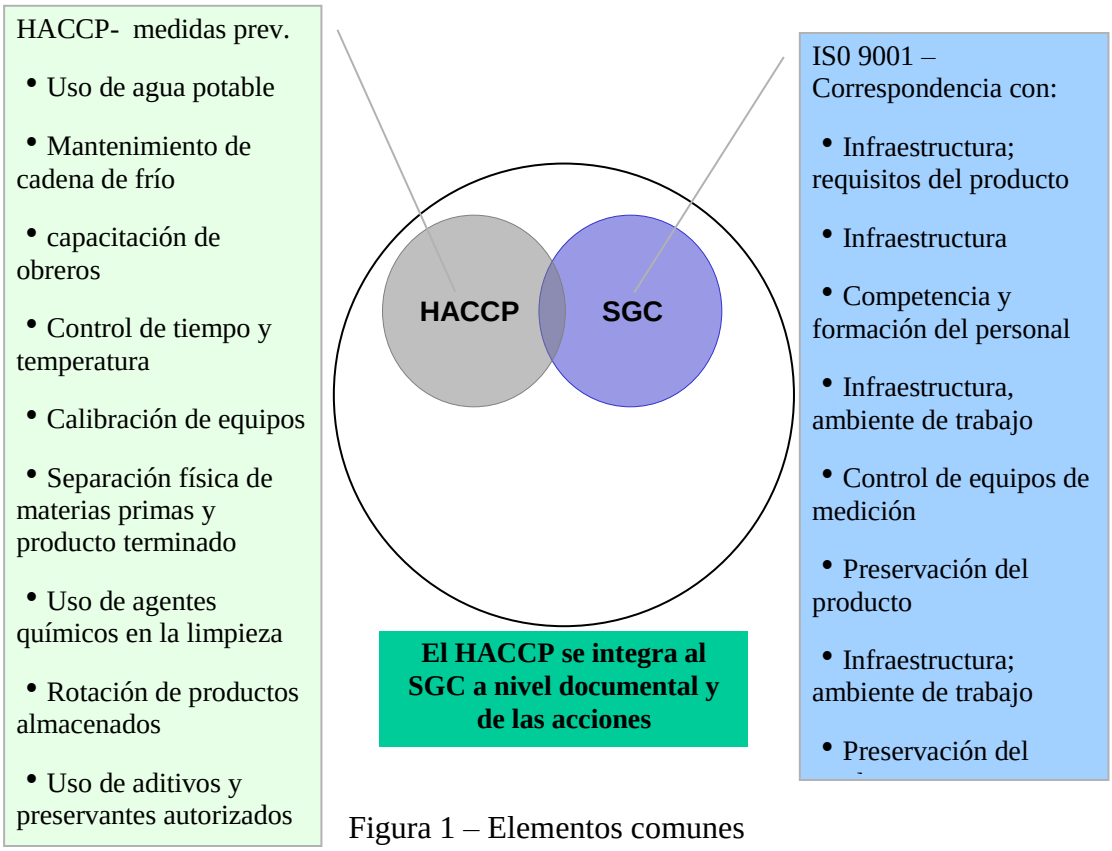


Figura 1 – Elementos comunes

En cuanto a la documentación documental existente en el HACCP se estudió su estructura y contenido, planificándose la nueva documentación a elaborar en cumplimiento de lo regulado en la norma ISO 9001. Se previó la integración a este nivel:

- Elaboración de una política de calidad única y la inclusión en los objetivos de trabajo empresariales del propósito de implantar el SGC de forma integrada al HACCP
- Aplicación de los procedimientos reglamentarios de la normativa en toda la empresa, con la inclusión y/o referencia a los procedimientos HACCP (documentos, registros, auditorías internas, productos no conformes, acciones correctivas y preventivas)
- Inclusión de manuales, procedimientos, documentos y registros implantados en el HACCP en el sistema documental del SGC
- Inclusión en las Revisiones por la Dirección del SGC la comprobación de la eficacia del HACC.

- Elaboración e implantación de nuevos procedimientos y registros (incluyendo las áreas de la empresa no comprendidas en el HACCP)

Como **SEGUNDO PASO, LA IMPLEMENTACIÓN**, a partir de la política integrada o políticas adecuadas al propósito del sistema dado, se ejecutaron las acciones planificadas en cuanto a diseño, elaboración y modificación de documentación, así como la implantación en las áreas de trabajo y en los procesos. Los procedimientos mandatarios elaborados como resultado del cumplimiento de esos requisitos de la norma ISO 9001 integraron lo estipulado en documentos similares del HACCP, como es el caso de los procedimientos de control de productos no conformes, auditorías internas, tratamiento de acciones correctoras y preventivas. Se respetaron e incluyeron como parte del sistema los procedimientos y registros del HACCP regulados por la autoridad competente nacional.

La gestión de la calidad se extendió a todos los procesos, desde la captura en las embarcaciones hasta el producto terminado, incluyendo los procesos estratégicos, de realización o de cara al cliente y de apoyo o facilitadotes, los que fueron identificados, estableciéndose indicadores para su medición y comprobación de su eficacia. Las áreas de la empresa no incluidas en la gestión de la calidad entraron el SGC como procesos estratégicos y de apoyo o facilitadores.

A continuación mostramos el mapa de procesos de una de las empresas objeto de estudio:

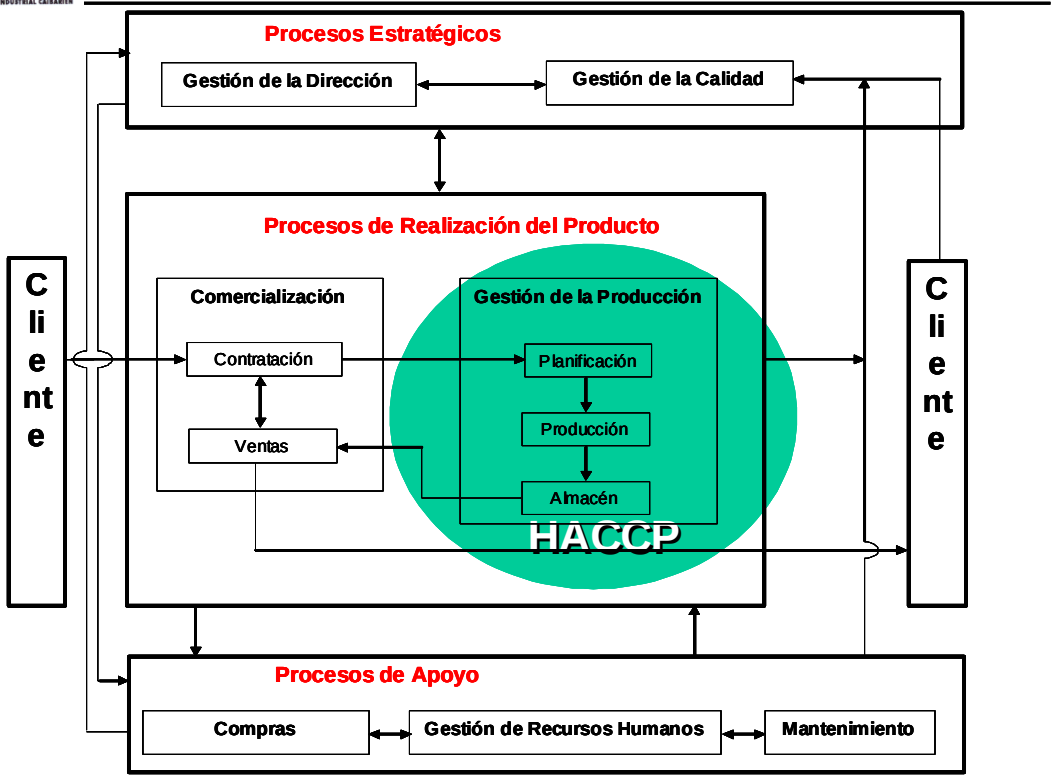


Figura 2 – Modelo de proceso de una empresa procesadora de productos del mar

Como se muestra en la Figura 2 el sistema HACCP aplicado al procesamiento industrial de las especies capturadas en el proceso de integración queda integrado al SGC como proceso de realización del producto o de cara al cliente, incluyendo en este tipo de procesos todo lo concerniente a la contratación y ventas (comercialización) que hasta el momento se veía como un elemento independiente en la gestión empresarial.

El TERCER PASO en el proceso de integración ha sido **EL CONTROL Y MEDICIÓN** de los resultados de la implementación planificada, comparando los resultados obtenidos con los planificados. Aquí es fundamental el papel asignado a las auditorías internas, las que pueden realizarse de forma integrada (HACCP y SGC) a partir de listas de chequeo de los requisitos de cada sistema, un procedimiento documentado común, inclusión de expertos en los equipos auditores, formación complementaria a auditores internos, etc.). Además, es primordial el seguimiento de no conformidades y cumplimiento de las acciones correctivas y preventivas de forma integrada para todos los procesos.

Son importantes las mediciones y controles de los procesos y productos de forma sistemática y las propias Revisiones por la Dirección en cuya agenda se incluyen los elementos a revisar de ambos sistemas.

El CUARTO PASO se centra en **LA ACTUACIÓN**; o sea, la aplicación de lo aprendido a partir de los resultados de las mediciones de los cambios establecidos con la implantación de los sistemas, y continuar entonces con el ciclo de la mejora continua.

En esta etapa, en la que se hallan varias de las empresas en las que se siguió este método de implantación de SGC según requisitos de la norma ISO 9001, los resultados de las mediciones efectuadas a los sistemas son fundamentales para reiniciar el ciclo de la mejora continua con nuevos planes y proyectos; es decir, planificar nuevos cambios, implementarlos, monitorearlos y actuar otra vez.

La norma ISO 9000: 2000 plantea que la **mejora continua** es una actividad recurrente para aumentar la capacidad para cumplir los requisitos. Y añade que *"el proceso mediante el cual se establecen objetivos y se identifican oportunidades para la mejora es un proceso continuo a través del uso de los hallazgos de la auditoría, las conclusiones de la auditoría, el análisis de los datos, la revisión por la dirección u otros medios, y generalmente conduce a la acción correctiva y preventiva."*[4]

En modelo de la NC ISO 9004: 2001 se reconoce que: *"En cualquier caso, es finalmente el cliente quien determina la aceptabilidad del producto. Dado que las necesidades y expectativas de los clientes son cambiantes y debido a las presiones competitivas y a los avances técnicos, las organizaciones deben mejorar continuamente sus productos y procesos"*[5].

2. CONCLUSIONES

La gestión con calidad del negocio implica gerenciar todas las partes de la organización como un sistema. La implantación de sistemas de gestión de calidad según la normativa internacional ISO 9001 en las empresas cubanas, y en los grupos empresariales de la industria pesquera, de forma integrada a otros sistemas de gestión, ha demostrado la posibilidad de hacerlo a pesar de las diferencias inherentes a una u otra organización.

[4] ONN. NC ISO 9000: 2001, Sistema de Gestión de la Calidad: Fundamentos y vocabulario p.18
[5] ONN. NC ISO 9004: 2001, p.8

La determinación de los elementos comunes y aquellos que distinguen a un sistema de otro ha permitido concebir modelos de sistemas de gestión para cada organización, en clara armonía con sus metas, estructuras y procesos.

La experiencia adquirida ha posibilitado la generalización de las buenas prácticas, agilizando el proceso de diseño, elaboración e implantación de este tipo de sistemas con el consiguiente ahorro de tiempo y recursos. La aplicación del ciclo de mejora en la integración con sistemas ya implantados, como el HACCP, con la formación y motivación del personal como herramienta activa, ha permitido una gestión flexible y eficaz en las empresas y grupos de empresas de la industria pesquera.

3. RECOMENDACIONES

Aunque existen requisitos que todas las organizaciones deben cumplir el proceso de diseño, elaboración e implantación de un sistema de gestión de calidad no es igual en todos los casos. La generalización de las experiencias de diversas empresas en los Grupos Empresariales, se ha logrado que la implantación de la NC ISO 9001 en sus ediciones correspondientes sea óptima, eficaz, siempre orientado a la integración con otros sistemas.

El diseño y rapidez de la implantación de un Sistema de Gestión de Calidad dependerá del nivel de conocimiento del que diseña, de la capacidad de lograr la integración con otros sistemas que permita que este sea menos complicado y burocrático. Para el caso de los Grupos Empresariales es importante tener en cuenta la experiencia que ya tienen muchas de sus empresas en la implantación y mantenimiento de sus propios sistemas.

4. AGRADECIMIENTOS.-

Agradecemos la colaboración inmediata y las facilidades en el acceso de información a las autoridades de la Dirección de Calidad y Tecnología del Ministerio de la Industria Pesquera, a directivos y especialistas de las empresas procesadoras.

5. REFERENCIAS.-

- Dirección de Calidad y Tecnología (DCT) SIC 06 02 05 (2005) **HACCP: Aplicación en establecimientos pesqueros**, Ministerio de la Industria Pesquera, 2005
- Deming, Edwards W. (1989) **Fundamentos de la gerencia de calidad en el mundo occidenta**l, estudio presentado en el Instituto de Ciencias Gerenciales, Osaka, Japón

- Lloyd´s Register Quality Assurance (LRQA) (2002) Un sistema de gestión de calidad según ISO 9001:2000. ¡Hágalo Usted mismo! /s.e/
- Lloyd´s Register Quality Assurance (LRQA). Implementación del Sistema de Gestión de Calidad de acuerdo a los requisitos de ISO 9001:2000 /s.e/
- Oficina Nacional de Normalización (ONN), Instituto Nacional de Normalización (ININ), CITMA (2006) "Cultura por la Calidad", Universidad de la Habana, Ciudad de la Habana, Cuba
- Oficina Nacional de Normalización (ONN) NC ISO 9000: 2005 Sistemas de Gestión de la Calidad. Fundamentos y vocabulario, Ciudad de la Habana, Cuba
- Oficina Nacional de Normalización (ONN) NC ISO 9001: 2008 Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos. Ciudad de la Habana, Cuba
- Oficina Nacional de Normalización (ONN) NC ISO 9004: 2001 Sistemas de Gestión de la Calidad. Directrices para la mejora del desempeño. Ciudad de la Habana, Cuba
- Oficina Nacional de Normalización (ONN) (2004) NC ISO 19011:2004 Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión de la calidad y/o ambiental, Ciudad de la Habana, Cuba
- Documentos del Sistema de Gestión de Calidad de CEPRONA

Trabajo Nº: 107
Gestión y producción

Presentador: **URRUTIA PEÑALVER, LINA**
Primer Autor: **URRUTIA PEÑALVER, LINA** ***(Cuba)***
Inscripto:

comprasvivian@cdc.co.cu

La aplicación de un sistema de procesos para los servicios de Reparación Naval en Caribbean Drydock Company

Gestión y producción

URRUTIA PEÑALVER, LINA [1(*)]; LÓPEZ PANEQUE, VIVIAN [1]
1 - CARIBBEAN DRYDOCK COMPANY INC | (*) Cuba

Resumen:
Para que una organización funcione de manera eficaz, tiene que identificar y gestionar numerosas actividades relacionadas entre sí, el objetivo de este trabajo es presentar las principales actividades involucradas en la reparación, como un sistema de proceso, o sea identificar, entender y gestionar los procesos interrelacionados como un sistema, lo que está definido como uno de los ocho principios de la gestión de la calidad "Enfoque de sistema para la gestión". En CDC se han identificado numerosos procesos que intervienen en la reparación, en algunos casos se definen etapas o actividades como tales, a través de este trabajo proponemos identificar ese conjunto de actividades e interfases vinculados entre sí y definirlos como procesos de manera que puedan asociarse a cada uno de los requisitos que conforman el Modelo de un sistema de gestión de la calidad basado en procesos. En los procesos fundamentales se detallan los objetivos, indicadores y criterios de medida, a partir de los cuales se puede evaluar la eficacia del proceso.

La aplicación de un Sistema de Procesos para los Servicios de Reparación y Construcción Naval

Autores: Ing. Lina Urrutia Peñalver
Ing. Vivian M. López Paneque

Caribbean Drydock Company, Inc.
Carretera del Naval No 9, Casa Blanca, Regla, Ciudad de La Habana, **CUBA**
E-Mail: comprasvivian@cdc.co.cu

Resumen:

Para que una organización funcione de manera eficaz, tiene que identificar y gestionar numerosas actividades relacionadas entre sí, el objetivo de este trabajo es presentar las principales actividades involucradas en la reparación y construcción naval, como un sistema de proceso, o sea identificar, entender y gestionar los procesos interrelacionados como un Sistema, lo que está definido como uno de los ocho principios de la gestión de la calidad "**Enfoque de sistema para la gestión".**

En Caribbean Drydock Company se han identificado numerosos procesos que intervienen en los servicios de reparación y construcción, en algunos casos se definen etapas o actividades como tales, a través de este trabajo proponemos identificar ese conjunto de actividades e interfases vinculados entre sí y definirlos como procesos de manera que puedan asociarse a cada uno de los requisitos que conforman el Modelo de un Sistema de Gestión de la Calidad, basado en procesos. En los procesos fundamentales se detallan los objetivos, indicadores y criterios de medida, a partir de los cuales se puede evaluar la eficacia del proceso.

CARIBBEAN DRYDOCK COMPANY, MISION, VISION Y VALORES

A partir de la Misión de la Organización, la Visión, los Valores y la Proyección Estratégica, se diseña el Sistema de Gestión de la organización, teniendo en cuenta todos los procesos involucrados, que se interrelacionan con "**Enfoque de sistema para la gestión";** a continuación definimos estas premisas fundamentales:

MISION:

Brindar servicios de construcción y reparación naval, con la utilización de las tecnologías y recursos disponibles, con énfasis en la utilización de fuerza de trabajo altamente calificada y especializada en estas actividades navales.

VISION:

"Ser la organización líder en precios para las reparaciones navales en el mercado del Caribe con eficacia y calidad en los servicios, consolidar la construcción naval y fortalecer en otros mercados del área sus servicios, mediante el aporte de su know how y la asistencia técnica de sus especialistas".

VALORES:

"LIDERAZGO"

Los funcionarios de CDC establecen unidad de propósito, orientación y el ambiente interno de la organización, creando el entorno para que todos sus trabajadores puedan implicarse en el logro de los objetivos de la organización.

Promueven además la capacitación y especialización de sus trabajadores, con el objetivo de establecer un Liderazgo en Recursos Humanos, ofertando los servicios de reparación naval en otros mercados, orientados en la búsqueda de la excelencia mediante la acción efectiva de sus empleados, facilitando de esta manera que sus ideas y aportes sean tenidos en cuenta dentro de las actividades que desarrolla la entidad.

"COMPROMISO"

CDC promueve la responsabilidad y el sentido de pertenencia aplicado en su gestión interna, contribuyendo de esta manera al mejoramiento continuo de la Calidad, el cual redunda en el beneficio de nuestros clientes y socios comerciales.

"RESPONSABILIDAD SOCIAL"

En CDC se respeta y se da cumplimiento a los compromisos adquiridos con los individuos, con la comunidad y con el Estado, al igual que se reconoce el deber adquirido por el impacto ambiental de su actividad y se actúa en correspondencia, para alcanzar un desarrollo sostenible y armónico con el entorno.

"INNOVACIÓN"

En CDC se estimula la creatividad como aporte al conocimiento individual y colectivo, aplicado a los servicios, con el objetivo de ampliar nuestros mercados y alcanzar el éxito económico de nuestra organización.

PLANIFICACION ESTRATEGICA

La Planificación Estratégica se corresponde con la Planificación de la Calidad, por lo que a partir de la identificación de los requisitos de los Clientes, se establece la Política de la Calidad, los objetivos globales y a partir de ellos los procesos y recursos necesarios, interrelacionados con los propósitos de la organización y que definen el Sistema de Gestión.

Política de Calidad

La Alta Dirección de CARIBBEAN DRYDOCK COMPANY INC.

y sus trabajadores, tienen el compromiso con sus Clientes de suministrar de forma permanente, servicios de reparación y diseño naval, así como de fabricación de oxígeno y acetileno embotellado que satisfagan sus necesidades, además de que cumplan con los requisitos legales y reglamentarios que sean aplicables.

Para el cumplimiento y revisión sistemática de su Política, CARIBBEAN DRYDOCK COMPANY INC. ha implementado de forma eficaz, un Sistema de Gestión de la Calidad basado en la Norma Internacional ISO 9001: 2000; certificado por la Oficina Nacional de Normalización y el Lloyd's Register Quality Assurance.

La Alta Dirección de CARIBBEAN DRYDOCK COMPANY INC. Pone en función del cumplimiento de su Política y objetivos globales los recursos necesarios que estén a su alcance, para mantener el liderazgo en la actividad de reparación naval en el área y expandir el reconocimiento de sus Clientes internacionalmente.

Ángel Luis Domínguez Rodríguez.

Gerente General

Responsabilidad de la Dirección

En Caribbean Drydock es fundamental la responsabilidad que recae en quienes dirigen la organización, por lo que se trabaja con una Dirección **proactiva**; ello significa adoptar hábitos, como definir metas ambiciosas y revisarlas frecuentemente, fijar prioridades claras, enfocarse en la prevención de problemas. Se pone especial atención en derribar las barreras que impiden el trabajo en equipo entre los miembros de la organización, logrando de tal forma mejor comunicación y un mejor flujo de la Información, lo que se traduce en una colaboración sin barreras, este principio forma parte del **Compromiso de la Dirección** con sus clientes internos.

A través de la Política de Calidad se establecen los **Compromisos de la Dirección** con sus Clientes, lograr una satisfacción del Cliente mediante la aplicación eficaz de dicha Política, esto solo se logra comunicando a todos los miembros de la Organización la importancia del cumplimiento de los Requisitos de calidad.

Enfoque al Cliente

A través de estudios de Mercado se han identificado los requisitos de los clientes para el sector marítimo, específicamente los relacionados con el servicio de reparación y construcción naval.

Los Armadores, operadores y fletadores constituyen el segmento de Mercado al que va dirigido nuestros servicios, por lo que entre los objetivos globales para el sector se encuentran los siguientes:

- ✓ Garantizar la Calidad de los servicios
- ✓ Cumplir los tiempos de entrega pactados con los clientes
- ✓ Establecer precios competitivos
- ✓ Asignar los recursos necesarios
- ✓ Establecer relaciones mutuamente beneficiosas con los proveedores
- ✓ Implementar acciones de mejora continua
- ✓ Garantizar la preservación del medio ambiente

PLANIFICACION DE LA CALIDAD

Sobre la base de los objetivos globales, los procesos claves involucrado en la prestación de los servicios, así como los procesos Estratégicos y de Apoyo, se realiza un despliegue de objetivos, en correspondencia con las funciones de cada área, de acuerdo a la estructura y a las actividades asignadas por la alta Dirección.

Se han identificado los siguientes procesos:

- ✓ **Procesos Estratégicos (PE)**

PE.05.01 -Planificación de la Calidad y Asignación de los Recursos

PE.05.02 -Revisión del Sistema de Gestión por la Dirección

PE.06.03 -Selección e Identificación de los Requisitos de Competencia.

PE.08.04 -Mejora Continua

- ✓ **Procesos Claves (PC), asociados a la Realización del Servicio**

PC.07.05 -Planificación de la entrada de buques al Astillero

Procesos relacionados con el Cliente

PC.07.06 -Análisis y revisión de las solicitudes de Servicio

PC.07.07 -Análisis de la satisfacción del Cliente

Diseño e Ingeniería

PC.07.08 -Planificación de los Proyectos

PC.07.09 -Diseño y Desarrollo (Ingeniería de detalle, Tecnologías)

Preparación de la Producción

PC.07.10 – Planificación y Asignación de los Medios de Protección

PC.07.11 – Varada y Reflote (Diques)

PC.07.12 –Compras de Productos y Servicios Subcontratados

Prestación del Servicio

PC.07.13 -Parlería y Soldadura

PC.07.14 -Mecánica

PC.07.15 -Tubería

PC.07.16 –Electricidad

Control de los Procesos de Prestación del Servicio

PC.07.17 -Control de los Equipos de Inspección Medición y Ensayo

PC.07.18 -Control de la Planificación del Proyecto

PC.07.19 -Control del producto No-Conforme

- ✓ **Procesos de Apoyo (PA)**

PA.08.20 -Auditorias Internas

PA.07.21 -Evaluación de proveedores

PA.06.22 -Formación y Capacitación

PA.06.23 -Aseguramiento Industrial

PA.06.24 -Mantenimiento de la infraestructura

PA.06.25 -Preservación del Medio Ambiente y el Ambiente de Trabajo

A continuación se muestra a modo de ejemplo el Mapa de Procesos del Sistema de Gestión del ASTILLERO y una Matriz con todos los procesos descritos anteriormente y que de acuerdo al Ciclo DEMING (PDCA) se han ubicado en los diferentes cuadrantes, en función de su incidencia sobre la planificación, la ejecución, el control y la mejora.

MAPA DE PROCESOS

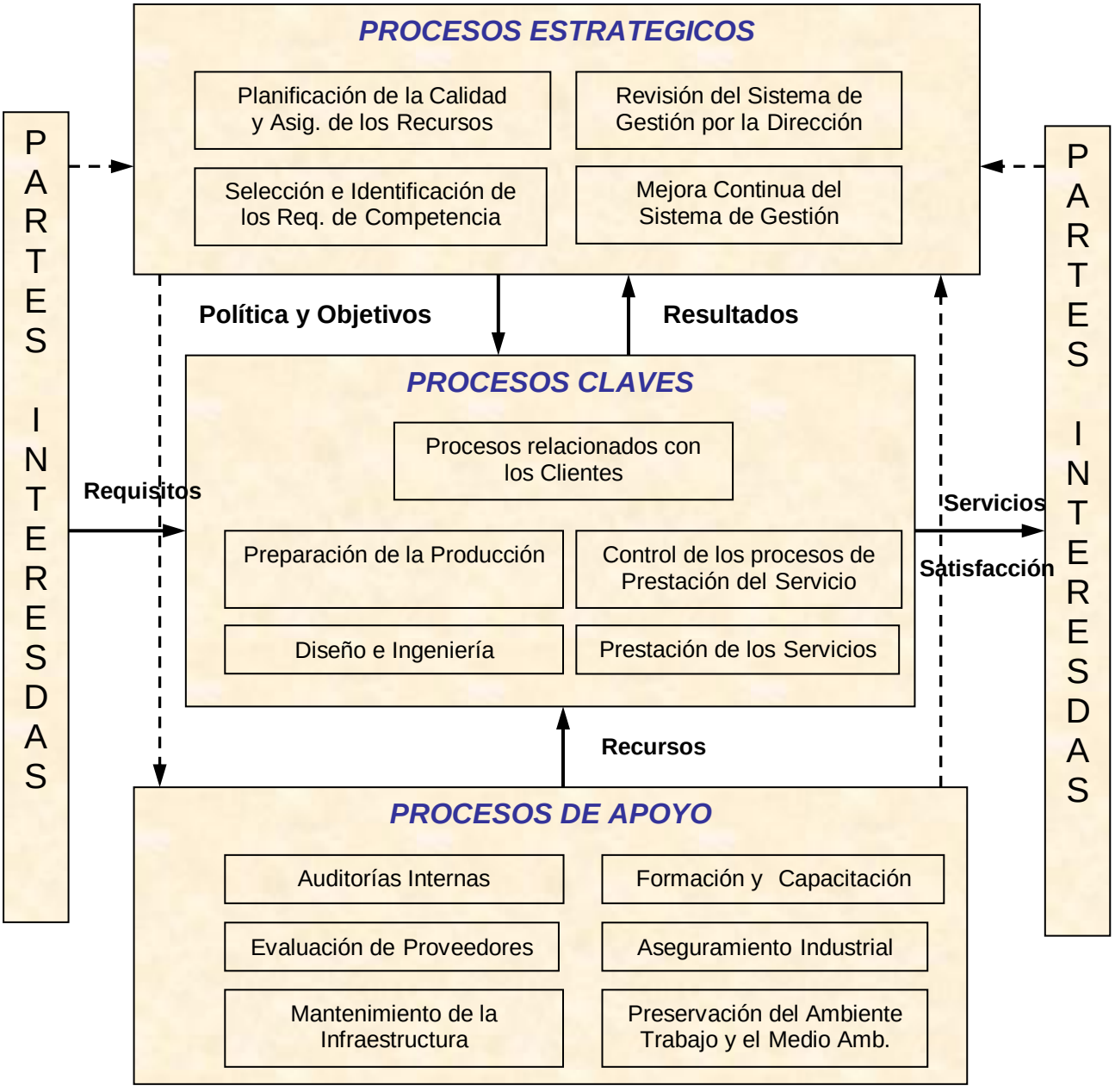


Tabla 1.1.- MATRIZ DE INTERRELACIONES. CICLO DEMING

Dueños de Procesos	PLANIFICAR	MEJORAR	Dueños de Procesos
Grupo de Gestión/ Departamento de Calidad	PE.05.01 Planificación de la Calidad	PE.05.02 -Revisión del Sistema de Gestión por la Dirección	Grupo de Gestión/ Departamento de Calidad
Departamento de PIP/ DNC	PC.07.05 -Planificación de la entrada de buques al Astillero y los pedidos de Construcción	PE.08.04 -Mejora Continua	Grupo de Gestión/ Departamento de Calidad
Jefes de Reparaciones/ Jefes de Buques/ Jefes de Talleres	PC.07.08 -Planificación de los Proyectos de Reparación y Construcción	PC.08.07 -Medición, Análisis y Mejora de la Satisfacción del Cliente	Departamento de Ventas/ Esp. Mk.
Departamento de Seguridad y Protección	PC.07.10 – Planificación y Asignación de los Medios de Protección	PA.08.20 -Auditorias Internas	Departamento de Calidad
		PA.06.22 -Formación y Capacitación	Departamento de RH
	HACER	**CONTROLAR**	
Grupo de Gestión/ Departamento RH	PE.06.03 -Selección e Identificación de los Requisitos de Competencia	PC.07.17 -Control de los Equipos de Inspección Medición y Ensayo	Departamento de Metrología / Jefes de Buques/ Asistentes
Departamento de Ventas	PC.07.06 -Análisis y revisión de las solicitudes de Servicio, requisitos del cliente	PC.07.19 -Control del producto No-Conforme	Jefes de Reparaciones/ Jefes de Buques/ Jefes de Talleres
Departamento de PIP/ DNC	PC.07.09 -Diseño y Desarrollo (Ingeniería de Detalle, Tecnologías)	PA.08.20 -Auditoría Interna	Departamento de Calidad
Departamento de Diques	PC.07.11 - Varada y Reflote	PA.07.21 -Evaluación de Proveedores	Departamento de Calidad
Departamento de Compras	PC.07.12 -Gestión de Compras	Nota: Más el Control de todos los Procesos Planificados	Alta Gerencia, Mandos Intermedios
Taller de Acero	PC.07.13 -Pailería y Soldadura		
Taller de Mecánica	PC.07.14 -Mecánica		
Taller de Tubería	PC.07.15 -Tubería		
Taller de Electricidad	PC.07.16 –Electricidad		
Departamento de Aseguramiento Acero	PA.06.23 -Aseguramiento Industrial		
Departamento de Mantenimiento	PA.06.24 -Mantenimiento de la infraestructura		
Departamento de Seguridad y Prot., Mtto., Aseguramiento Acero	PA.06.25 -Preservación del Medio Ambiente y el Ambiente de Trabajo		

DESARROLLO DE LOS PROCESOS

Describiremos a modo de ejemplo cuatro procesos y a través de estos el despliegue de los objetivos globales de la Calidad. Los dueños de procesos son los encargados de establecer los objetivos, indicadores y criterios de medida de los procesos establecidos en el SGC, sin olvidar que como todos ellos están interrelacionados, independientemente de que el Jefe implicado, sea el responsable de informar sobre la eficacia de su proceso, como Sistema, todas las áreas pueden tributar a un proceso específico, siempre y cuando, los indicadores que miden su cumplimiento, estén en interfaz con las actividades que ellos desempeñan.

En otras palabras la eficacia de un proceso no depende exclusivamente del área dueña del proceso, por ejemplo la satisfacción del cliente, es un proceso en el que intervienen o tributan, directa o indirectamente todas las dependencias involucradas con los servicios al cliente, pero el responsable de medir, analizar y proponer las mejoras, es la Gerencia Comercial, que como dueña, informa a la alta dirección sobre el cumplimiento de los objetivos, a través de los indicadores, que definen su eficacia.

Otro ejemplo muy claro es el proceso que mide el desempeño y la eficacia de los planes de capacitación y adiestramiento, todas las áreas son responsables de identificar las necesidades de capacitación y adiestramiento, así como evaluar la eficacia de los programas afines a esta actividad, pero el Departamento de Recursos Humanos es el encargado de mostrar las evidencias sobre educación, formación y Competencia del personal, informar a la alta dirección sobre el cumplimiento de los indicadores que definen la eficacia de este proceso.

Un aspecto importante para destacar es que existen procesos comunes para algunas áreas funcionales, aunque cada uno con sus especificidades, por ejemplo los talleres que prestan servicios a los clientes externos, pueden tener objetivos e indicadores comunes, aunque las etapas o subprocesos de cada uno de ellos sean muy disímiles, al igual que los criterios de medida, pues este dependerá de la complejidad, tecnologías y preparación del personal con que cuente cada uno de ellos, además del análisis estadístico de sus datos.

Antes de pasar a desarrollar los cuatro procesos, solo nos resta aclarar que en ocasiones los dueños de procesos pueden ser un Grupo de Personas, tales como un Comité de Calidad, el Grupo de Gestión, siempre y cuando sus actividades y tareas estén orientadas a un propósito común, por ejemplo, la implementación de una mejora, la aprobación de los recurso financieros, etc.

Proceso Clave: Planificación de los Proyectos de Reparación Requisito: 7.1

Dueño del Proceso: Jefes de Reparaciones} Planifica y Controla cada Proyecto

✓ Objetivos: Garantizar un desarrollo armonizado de la Reparación en el tiempo acordado.

Despliegue objetivos centrales: Cumplir los tiempos de entrega pactados con los clientes

Entradas: DTB Descripción del Trabajo Básico

D.05.04 Análisis de la Solicitud

D.05.05 Propuesta de tiempo de reparación

D.05.02 Alcance de la Reparación

D.SI.08.04 Características generales de la embarcación

D.SI.08.05 Certificado de las Condiciones para la reparación

Etapas:

1. Organización y Planificación del trabajo con los Talleres
2. Gestión de los recursos (Humanos y Materiales, infraestructura y ambiente de trabajo)
3. Inspección y entrega parcial de los trabajos
4. Análisis y seguimiento del servicio (Identificar No-conformidades)
5. Evaluación y Control de la Calidad del servicio
6. Control del Producto No-Conforme
7. Control de las Horas Hombres Programadas
8. Control e Inspección final de los Trabajos

Salidas: D.10.17 Avance por proyecto

D.10.23 Acta de Verificación

D.08.02 Control del producto suministrado por el Cliente

D.08.03 Acta de daño o perdida

D.14.01 Control Producto No- Conforme

D.11.02 Inspección final

Indicador:

✓ Tiempo de la reparación

Criterio de Medida:

Tiempo real de la reparación < Tiempo Planificado **Proceso Eficaz**

Proceso Clave: Prestación del servicio de Pailería y Soldadura Requisito: 7.5

Dueño del Proceso: Departamento de Acero} Planifica, desarrolla y Controla el Servicio

✓ Objetivos: Garantizar la calidad del servicio y cumplir los tiempos de entrega pactados

Despliegue objetivos globales: Garantizar la calidad del servicio y cumplir los tiempos de entrega pactados con los clientes.

Entradas: Solicitudes
DTB Descripción del Trabajo Básico
D.05.04 Análisis de la Solicitud
D.10.17 Avance del Proyecto
DT.10.02 Planos, croquis, otros
P.P.I. Plan de puntos de inspección
D.10.23 Acta de Verificación

Etapas:

1. Planificación y programación de cada especialidad
2. Elaboración de las tecnologías, cartas de corte
3. Gestión de los recursos (Medios de Protección, EIME, herramientas y otros equipos)
4. Corte y desmontaje
5. Restauración y montaje
6. Soldadura
7. Inspección, medición y ensayo
8. Control del plan de puntos de inspección
9. Control de las horas programadas

Salidas: Resultados del PPI
D.10.17 Avance del Proyecto
DT.10.01 Documentos técnicos
D.10.10 Solicitud de trabajos internos
D.11.02 Inspección final
D.14.01 Control Producto No- Conforme
D.15.04 Acciones correctivas y preventivas

Indicadores:

✓ Horas programadas (Plazo de entrega)

✓ Productos no-conformes

Criterio de Medida:

Productos No-Conformes < 2%
Disminuir plazo de entrega en un 15% } **Proceso Eficaz**

Proceso Clave: Control de los Equipos de Inspección, Medición y Ensayo Requisito: 7.6

Dueño del Proceso: Departamento de Metrología, J' de Reparaciones, Asistentes

✓ Objetivos: Proporcionar las evidencias de la conformidad del Servicio y los productos

Despliegue objetivos globales: Garantizar la calidad del servicio

Entradas: EIME Equipos de Inspección, Medición y Ensayo
Plan de calibración
Patrones
Normas técnicas (tolerancia)
D.10.17 Avance por proyecto
PPI

Etapas:

1. Planificación de los PPI y del Plan de calibración, según corresponda
2. Inspeccionar y Verificar los EIME
3. Calibrar y reajustar
4. Comprobación de las tolerancias y desviaciones
5. Identificar y determinar estado (Certificar con los órganos competentes)
6. Control de la planificación

Salidas:

D.10.23	D.08.03
D.08.06	D.11.02

Indicadores:

✓ Plan de Calibración

✓ Equipos de Medición

✓ Plan de puntos de Inspección

Criterios de medida:

+ 95% de Equipos Certificados
90% de los Equipos en Buen Estado Técnico } **Proceso Eficaz**
95% Cumplimiento de los PPI

Proceso Estratégico: Revisión del SGC por la Dirección Requisito: 5.6

Dueño del Proceso: Grupo de Gestión, Departamento de Calidad

- ✓ Objetivos: Asegurar la continua consistencia adecuación y efectividad del SGC y Visualizar oportunidades para la mejora

Despliegue objetivos globales: Implementar acciones de mejora continua

Entradas: Política de la calidad
Retroalimentación de los clientes
Los resultados de auditorias
Acciones correctivas y preventivas
Acciones derivadas de las revisiones anteriores
Desempeño de los procesos y conformidad del producto
Recomendaciones de mejora

Etapas:

1. Planificación de la Revisión
2. Determinar la necesidad de cambios
3. Revisar la política de Calidad
4. Monitorear los objetivos, su cumplimiento
5. Identificar las oportunidades de mejora
6. Determinar los recursos necesarios para la Mejora Continua

Salidas: Mejora de la efectividad del Sistema de Gestión de la Calidad y sus procesos
Mejora del servicio en relación con los requisitos del cliente y
Necesidades de recursos

Indicadores:

- ✓ Objetivos de Calidad
- ✓ Acciones de Mejora relacionadas con los requisitos del cliente

Criterios de medida:

Se cumple al menos el 95% de los objetivos de los procesos

Determinar e implementar al menos tres acciones de mejora

CONCLUSIONES

Las ventajas de diseñar e implementar un Sistema de Gestión de Calidad con **Enfoque de Sistema para la Gestión,** es precisamente poder implementar y controlar todos los procesos en interfas, teniendo en cuenta que las salidas de algunos procesos, constituyen entradas para otros, visualizar todos los procesos como un todo.

Se facilita la Revisión del Sistema de Gestión de la Calidad por procesos, con todos sus enlaces, así como ejecutar las Auditorias Internas por procesos con una secuencia que se corresponda con los requisitos de la ISO 9001: 2000, se pueden identificar de manera más eficaz las oportunidades de mejora a partir de la medición y análisis de los indicadores para todos los proceso.

Para concluir debemos destacar que los Procedimientos establecen maneras de implementar y desarrollar las actividades y procesos, seis procedimientos continúan siendo obligatorios en la nueva versión ISO 9001:2008, pero determinar todos los procesos involucrados en el Sistema de Gestión, más allá de identificarlos, es uno de los cambios que se establecen en esta ultima Versión.

La organización definirá no obstante tantos procedimientos como considere necesario de acuerdo a la complejidad de sus actividades, el tamaño de la entidad y la preparación de su personal, pero definir todos los procesos involucrados en la Gestión, se hace imprescindible para cumplir con los requisitos para la Certificación de la Calidad.

La ISU como principal ahorrador de energía en el transporte marítimo.

Autor: Capitan Aleop Tur Gutiérrez.
IPIN CUBA

Calle J # 255 Entre Linea y 15 , apto 41, Vedado , Ciudad de la Habana,
Republica de Cuba
E- mail : rosabehar@infomed.sld.cu

Resumen

La ISU (International Salvage Union), que en español equivale a la Union Internacional de Salvadores, fue fundada en Londres, Inglaterra, en el año 1954 y hoy esta integrada por 55 empresas maritimas dedicadas al salvamento de buques localizadas en 28 paises de los cinco continentes. Dichas compañías durante el año 2007 llevaron a cabo 282 operaciones de salvamento de buques con sus cargas y combustibles que constituian una amenaza de contaminación marina y el total de contaminantes (hidrocarburos, productos químicos, otros contaminantes y los propios combustibles para la propulsión de los buques) que fueron salvados ascendieron a 1.101,440 toneladas, lo que significo un incremento de mas del 94 por ciento con respecto de los contaminantes salvados en el año 2006 y que ascendieron a 566,793 toneladas en ese año. De los potenciales contaminantes salvados en el año 2007, el 83 % era petróleo crudo y petróleo diesel Con un total de 909,521 toneladas, un 5 % fueron productos químicos con un total de 57,506 toneladas, un 2 % fueron de otros contaminantes tales como gasolina, residuos del petróleo (slops), lastres sucios, etc. con un total de 25,147 tons. y finalmente el 10 % restante fueron los propios combustibles propulsores de los barcos que ascendieron a 109,266 tons., y queremos resaltar que el mayor aumento con respecto al año 2006

fue en el salvamento de petróleo crudo que mostró un incremento del 125 % pues en el año 2006 se salvaron 400,581 tons. de este tipo de hidrocarburo.

ABSTRACT

The ISU (INTERNATIONALSALVAGE UNION) was founded in London, England and today is formed by 55 maritime companies dedicated to the salvage of ships in 28 countries of the five continents. Those companies during the year 2007 completed 208salvage operations of vessels with her cargo and bunkers, those ships conformed a menace of marine pollution and the total of polluters (oil products, chemical products,others products and also the proper bunkers for the ship propulsion) salved, rose to a figure of 1.101,440 tons., which makes an increase of 94 percent respect of the polluters salved in the year 2006 with a total of 566,793 tons. that year. According with the ISU Marine Pollution Prevention Survey, in the last 14 years until the year 2007, included, the important number of 14.286,070 tons. have been recovered and most of these polluters were crude oil and diesel oil, with a figure of 11.274.471 tons. in these two qualities.

Also is the history of the salvage operation of a tanker of 70,271 tons of deadweight,loaded with around 58,000 tons. of Nigerian crude oil , which result stranded in a rocky shore in the Western Extremity of the Island of Cuba in January of 1980 and the works and efforts for refloat her in only 85 hours from the grounding time and the final24 days to conclude the operation with a total success for Empresa Antillana de Salvamento, one of the ISU members in the Americas.

At the end , a summary of the 13 Salvage Companies in the American Continent, which are Members of the ISU Organization and a brief historical explanation of their activities and the most important vessels in their fleet.

INTRODUCCIÓN

La ISU (International Salvage Union), que en espanol equivale a la Union Internacional de Salvadores, fue fundada en Londres, Inglaterra, en el ano 1954 y hoy esta integradapor 55 empresas maritimas dedicadas al salvamento de buques localizadas en 28 paises de los cinco continentes. Dichas companias durante el ano 2007 llevaron a cabo 282 operaciones de salvamento de buques con sus cargas y combustibles que constituian una amenaza de contaminación marina y el total de contaminantes (hidrocarburos, productos quimicos, otros contaminantes y los propios combustibles para la propulsión de los buques) que fueron salvados ascendieron a 1.101,440 toneladas, lo que significo un incremento de mas del 94 por ciento con respecto de los contaminantes salvados en el ano 2006 y que ascendieron a 566,793 toneladas en ese ano.

De los potenciales contaminantes salvados en el ano 2007, el 83 % era petroleo crudo y petroleo diesel con un total de 909,521 toneladas, un 5 % fueron productos quimicos con un total de 57,506 toneladas, un 2 % fueron de otros contaminantes tales como gasolina, residuos del petroleo (slops), lastres sucios, etc. con un total de 25,147 tons. y finalmente el 10 % restante fueron los propios combustibles propulsores de los barcos que ascendieron a 109,266 tons., y queremos resaltar que el mayor aumento con respecto al ano 2006 fue en el salvamento de petroleo crudo que mostro un incremento del 125 % pues en el ano 2006 se salvaron 400,581 tons. de este tipo de hidrocarburo.

Desde que en el ano 1994 se empezaron a controlar por la ISU estos recobrados anuales de potenciales contaminantes salvados por las distintas empresas miembros de esta organización (en ingles se denomina ISU Pollution Prevention Survey), se han recobrado en estos ultimos 14 anos hasta el ano 2007 inclusive, la importante cifra de 14.286,070 toneladas de contaminantes, entre los que se incluyen 11.214,471 tons. de petroleo crudo y petroleo diesel.

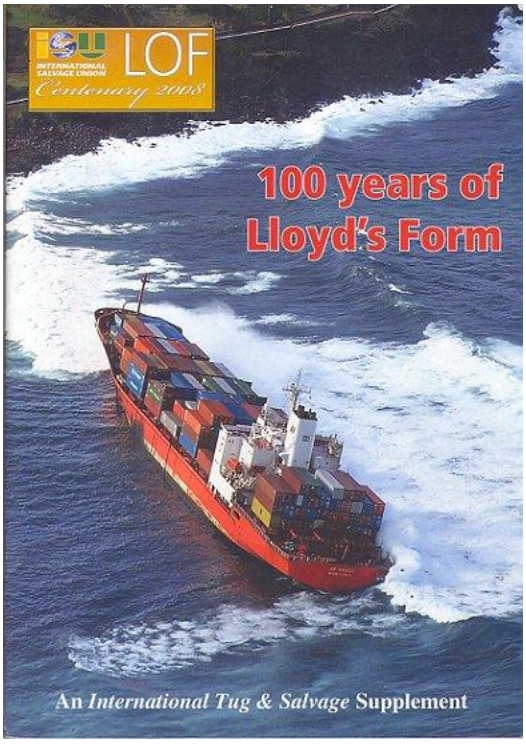
Para dar una idea cabal de estas cantidades recobradas, recordaremos que la contaminación ocasionada por el buque tanque norteamericano EXXON VALDEZ en el canal de Prince William Sound, en Alaska en 1989 ascendio a 37,000 tons. de petroleo crudo derramados al mar y el mas reciente desastre del hundimiento del buque

tanque PRESTIGE frente a la costa Noroeste de Espana en Noviembre del ano 2002 provoco un escape al Mar Cantabrico de 77,000 tons. de petroleo crudo.

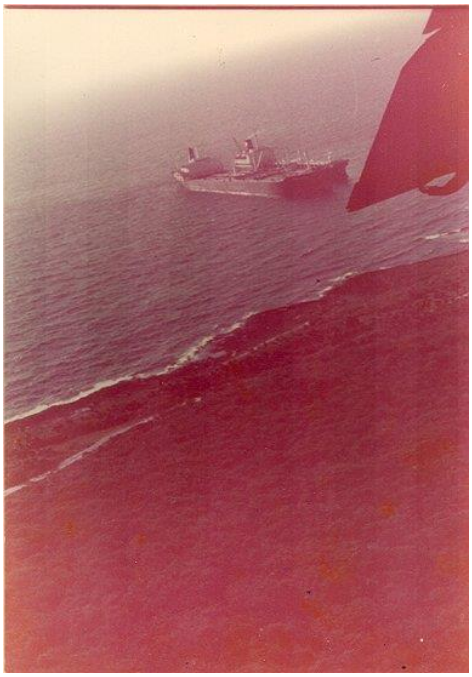
EL SALVAMENTO DEL BUQUE TANQUE GRIEGO "PRINCESS ANNE-MARIE' EN LAS COSTAS CUBANAS EN ENERO Y FEBRERO DE 1980.

La mañana del lunes 28 de Enero de 1980 se recibio a las 0830 horas un telex urgente en la Empresa Antillana de Salvamento radicada en Casablanca, en las margenes de la bahia habanera, con el siguiente texto:

"Esta es la Empresa Holandesa de Salvamento SMIT DE ROTTERDAM. Hemos recibido informes de que un buque tanque de 70,000 toneladas de peso muerto en condicion de cargado se encuentra varado en Cabo de San Antonio, Cuba, y que han ocurrido derrames de petroleo al mar. Si fuere necesario podemos ayudarles con nuestros equipos. Cordiales Saludos. Mike Kok, Jefe de Operaciones". Este mensaje indicaba que el mayor buque varado en las costas de Cuba hasta esa fecha presagiaba un complejo salvamento y que por su condicion de buque tanque derramando petroleo por sus tanques averiados se estaba produciendo una gran marea negra en una zona rica en pesquerias y futuro turistico.



Desde el ano 1971el autor de este trabajo habia dirigido con éxito varios salvamentos de grandes buques tanques cargados en las costas de Cuba, como el ESSO HAMBURG, en Agosto de 1971, en Cayo Verde, Camaguey, que venia cargado con 28,000 tons. de " fuel-oil "desde Aruba para Estados Unidos, y los tanques noruegos STOLT SVEVE y STOLT RHINO, en 1971 Y 1977, respectivamente, ambos varados a TODA AVANTE en el traicionero Banco de Sancho Pardo, en la costa norte de Pinar del Rio.



En ninguno de los casos anteriores se habia producido derrame de petroleo y los cascos de los buques tanques habian sufrido averias minimas por haber encontrado sus fondos arrecifes de coral en forma de rampas de pendiente suave con un efecto similar al de un buque subiendo una grada de diqueado para limpiar sus fondos.

LAS PRIMERAS ACCIONES DEL SALVAMENTO.

En las dos horas transcurridas entre el primer aviso de las 0830 horas y la llamada de los Armadores Griegos del barco desde Londres a nuestra oficina, se ordenaron los pasos decisivos siguientes:

1.- AVISOS DE EMERGENCIA a los Puestos de Mando de Tropas Guardafronteras, de la Marina de Guerra Revolucionaria y del Ministerio del Transporte.

2 .- COORDINACION con el Viceministro Maritimo Enrique Mena para el uso inmediato de un buque tanque de 17,000 tons. de la Empresa de Navegación Caribe para el alijo del cargamento del buque varado.

3.- ORDEN DE SALIDA URGENTE para el remolcador de salvamento SIBONEY, al mando del Capitan Maximino Chacon, desde la bahia de Cabanas, donde se encontraba preparando un barco para remolque, y dirigirse con la potencia de sus 5,200 caballos de fuerza de sus dos maquinas principales y sus dos helices hacia la Bahia de Corrientes, donde se habia precisado que se encontraba varado el Buque Tanque, reportado desde Londres como el PRINCESS ANNE-MARIE, de 70,271 tons. de peso muerto, bandera griega y matricula del puerto de Andros, que estaba efectuando un viaje desde CAYMAN BRAC hasta Port Netchez-Texas-, con un cargamento de 58,130 tons. de petroleo crudo del tipo Escravos, de Nigeria, que habia recibido del supertanquero OLYMPIC ACCORD en las Islas Caiman.

4.- SOLICITUD URGENTE de 3 defensas inflables YOKOHAMA de tamano grande para ser suministradas por el Ministerio de la Industria Pesquera (son las que se usan en los abarloamientos de los grandes buques pesqueros en altamar) y su envio inmediato por camion remolque hasta La Bajada, en la propia Bahia de Corrientes.

5.- SOLICITUD URGENTE DE UN HELICOPTERO de la Fuerza Aerea Cubana para trasladar al primer grupo de salvamento hasta la region bastante lejana y aislada donde se encontraba varado el buque tanque y con el proposito de llegar con la luz del dia y observar los derrames de petroleo. En ese primer vuelo iria el autor del articulo, Capitan Aleop Tur, en su calidad de Jefe de Salvamento Principal acompanado de 3 buzos profesionales de salvamento con su equipamiento.

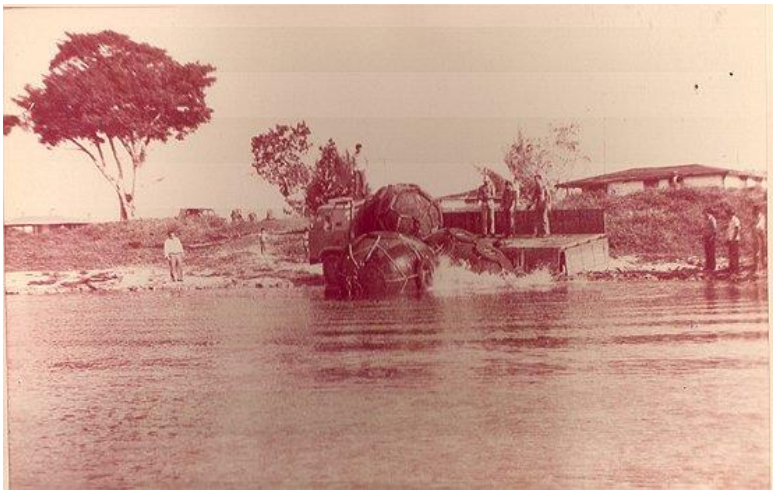
6.-COMUNICACIÓN TELEFONICA CON LONDRES con nuestro Abogado de Salvamento Raymond Brooke, perteneciente a la firma Richards Butler la cual representaba a la Empresa ANTILLANA DE SALVAMENTO en los Arbitrajes ante las Cortes de Salvamento del Lloyds y darle instrucciones para que ofreciera, a nombre de nuestra Empresa, el Contrato de Salvamento del LLOYD'S "NO-CURE-NO-PAY" (SI NO HAY SALVAMENTO, NO HAY PAGO) y se lo comunicara a los Armadores

Griegos del Buque Tanque a fin de oficializar y regularizar las futuras acciones y procedimientos que se emprendian. Esta aceptación fue recibida a las 1030 horas de esa misma manana del 28 de Enero cuando por medio de una llamada telefonica el senor George Bisbas, Representante de la Firma Armadora Griega GOULANDRIS comento al conocer de todos nuestros preparativos las siguientes palabras historicas: "INCREIBLE . Nunca pense que en tan poco tiempo en Cuba se pudiera coordinar un salvamento tan eficiente. "Todo el plan de salvamento fue cumplido en tiempo y forma y esa tarde a las 1530 horas despegamos en el helicóptero desde Ciudad Libertad en La Habana y a las 1740 horas aterrizamos en una planicie de roca de diente de perro frente al lugar donde estaba varado el buque tanque y observamos los efectos de la marea negra en las langostas y peces muertos entre las rocas y después despegamos de alli con el helicóptero y aterrizamos nuevamente en el Campamento de la Playa de Maria LaGorda en espera de un buque pesquero que nos llevara a bordo del tanquero.

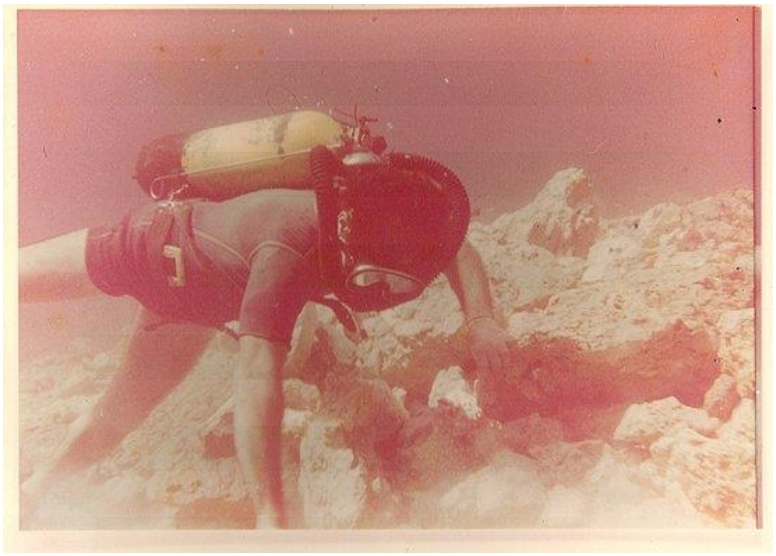


MANIOBRAS PARA EL REFLOTAMIENTO DEL BUQUE TANQUE.-

El Martes 29 de Enero a las 0900 horas llegaron las defensas inflables YOKOHAMA encima del camion y fueron desembarcadas al agua en la costa de La Bajada y se pasaron ordenes al Capitan del SIBONEY para que las tomara a remolque y las pusiera en el costado de sotavento del buque tanque varado y nuestro grupo de salvamento llego al PRINCESS ANNE-MARIE esa manana a las 1100 horas.



En la tarde de ese dia, a las 1800 horas, abarloamos el buque tanque cubano 9 DE ABRIL al buque tanque accidentado y durante el 30 de Enero y la manana del 31 de Enero trasbordamos alrededor de 6,000 tons de petroleo del buque varado. Al mediodia del jueves31 de Enero, con un Sol radiante y un dia de verano, efectuamos una inspeccion de buzos completa del buque varado en la que yo participe pues teniamos anunciado un frente frio tormentoso para el dia siguiente.



Pude observar los 36 metros de proa averiada en la quilla por donde se habia derramado el petroleo y observando los desniveles del fondo submarino encontre por que se habia producido la marea negra: la roda del buque tanque habia chocado con un escalon de terraza submarina (este tipo de fondo existe principalmente en Cuba en la Peninsula de Guanacahabibes y en la Punta de Maisi)y que dicho escalon de roca caliza tenia unos 6 pies de altura y era el que habia detenido la masa del buque tanque y su cargamento, un total de 70,000 toneladas que venian a una velocidad de 15, 3 nudos (alrededor de 28

kilometros por hora), lo que provoco un momento de fuerza de 196,000 tonelametros, que fue detenido en los 36 metros de fondos de proa del buque, gravemente averiado hasta la altura del calado de 16 pies,y por donde se derramaron originalmente poco después de la varadura la cantidad de 5,300 tons. de petroleo crudo del cargamento y 700 tons. de " fuel- oil" de los tanques de consumo de las calderas del barco, cuya helice era movida por una gran turbina de vapor de 19,000 BHP, de construccion japonesa al igual que el barco.

Esa misma tarde, a las 1520 horas del Jueves 31 de Enero de 1980, era reflotado, suavemente el PRINCESS ANNE-MARIE, halado por su popa por el remolcador SIBONEY con su cable de remolque y aun con el buque tanque 9 DE ABRIL al costado y el que habia estado recibiendo carga hasta 15 minutos antes del reflote, en que se mando a parar el bombeo.



El buque tanque accidentado habia sido reflotado con total éxito a las 85 horas transcurridas desde su fuerte encallamiento.

OPERACIONES FINALES DE TRASBORDO Y REENTREGA DEL TANQUERO.-

Las operaciones de trasbordo , que se efectuaron todas navegando dentro de la Bahia de Corrientes ,tomaron 24 dias mas de inteligentes maniobras, pues hubo que esperar la llegada del buque tanque frances SITALA, de 74,000 tons. de peso muerto, que fue alquilado por la empresa duena del cargamento de petroleo, hasta que recibio las 52,000 tons. de petroleo salvadas el 20 de Enero, dia en que cada buque partio hacia su nuevo rumbo y el PRINCESS ANNE- MARIE navego ya vacio de carga por toda la Costa Norte de Cuba hasta la gran Bahia de Nipe, designada por la Direccion de Seguridad Maritima Cubana como puerto de refugio para limpiar y desgasificar los tanques de carga del buque ahora salvado. Alli entro el buque tanque griego el dia 24 de Febrero de 1980 , siempre escoltado por su remolcador de salvamento SIBONEY, y alli fondeado y a salvo fue devuelto el buque griego por la Empresa ANTILLANADE SALVAMENTO a sus Armadores Griegos, todo de acuerdo con las estipulacionesdel Contrato de Salvamento del LLOYD'S.

Fue en el verano del ano 1982 cuando se efectuo en Londres el Arbitraje de Salvamentoen base al Contrato firmado y en sus razones para el Premio , el Arbitro Principal Richard Stone escribio: "Los Salvadores de ANTILLANA DE SALVAMENTO son Salvadores Profesionales y reaccionaron con gran prontitud a este accidente."

PRINCIPALES EMPRESAS DE SALVAMENTO DE LAS AMERICAS PERTENECIENTES A LA UNION INTERNACIONAL DE SALVADORES (ISU).

CANADA

1.- SECUNDA MARINE SERVICES
Oficina Principal : DARTMOUTH, NOVA SCOTIA, COSTA ESTE DE CANADA
Sitio Web: www.secunda.com

Esta gran Empresa de Remolcadores de Salvamento comenzo sus operaciones en losanos 80 del pasado siglo y hoy posee 9 remolcadores hasta de 16,000 caballos de fuerza y realiza rescates y salvamentos en todas las costas orientales de Norteamérica.

2.- OCEAN REMORQUAGE MONTREAL INC.
Oficina principal: QUEBEC CITY, EN EL RIO SAN LORENZO, CANADA.
Sitio Web: www.groupocean.com

Esta Empresa cuenta con remolcadores en el puerto de Québec y es una subsidiaria de la gran firma norteamericana Mc ALLISTER de Nueva York fundada en 1864.

ESTADOS UNIDOS DE AMERICA.

3.- BISSO MARINE COMPANY, INC.
Oficina Principal: HOUSTON,TEXAS, ESTADOS UNIDOS.
Sitio Web : www.bissomarine.com

Esta Empresa fue fundada en Nueva Orleáns en 1890 asistiendo con remolcadores de vapor a los buques en el. Rio Mississippi y hoy cuenta con modernos remolcadores azimutales y gruas flotantes de gran capacidad de izaje que efectuan los salvamentosen los puertos y en las areas petroleras del Golfo de Mexico.

4.- DONJON MARINE COMPANY INC.
Oficina Principal: HILLSIDE, NEW JERSEY, ESTADOS UNIDOS
Sitio Web: www.donjon.com

Esta Empresa de Salvamento fue fundada en 1964 y posee una grua flotante de 1000 tons. de izaje y un remolcador oceanico de salvamento que efectuan trabajos en todas las costas orientales norteamericanas.

5.- RESOLVE TOWING & SALVAGE INC.
Oficina Principal : FORT LAUDERDALE, FLORIDA, ESTADOS UNIDOS.
Sitio Web: www.resolvemarine.com

Esta Empresa de Salvamento esta equipada con remolcadores y buzos y efectua sus trabajos en las costas orientales norteamericanas y en paises del Mar Caribe.

6.- TITAN SALVAGE (A CROWLEY COMPANY)
Oficina Principal: DANIA, FLORIDA, ESTADOS UNIDOS
Sitio Web : www.titansalvage.com

Esta Empresa de Salvamento comenzo operaciones en 1981 en las Bahamas con unpequeño remolcador y un gran grupo de buzos profesionales y desarrollo los salvamentos en el Mar Caribe con el uso de plataformas autoelevantes (JACK-UPS) equipadas con gruas de gran izaje y han efectuado salvamentos a nivel mundial.

7.- T & T MARINE SALVAGE INC.
Oficina Principal: GALVESTON, TEXAS, ESTADOS UNIDOS.
Sitio Web : www.tandtmarine.com

Esta Empresa tiene gran tradición de salvamento en las costas norteamericanas delGolfo de Mexico desde mediados del siglo pasado.

CUBA.

8.- EMPRESA ANTILLANA DE SALVAMENTO
Oficina Principal : COJIMAR, HABANA DEL ESTE, CUBA.
Correo Electronico: as@transnet.cu

Esta Empresa de Salvamento fue fundada en 1974, pero venia prestando servicios desde1960 y por sus centenares de exitosos salvamentos en las costas cubanas, en el Mar Caribe y en Mexico, Nicaragua, Peru y Angola, ha ganado una inmensa confianza en las Cortes de Salvamento del LLoyd's de Londres. Posee una grua flotante de 1000tons. de izaje y dispone de numerosos modernos remolcadores en los puertos de Cuba.

CURAZAO.

9.- CURAZAO TOWAGE COMPANY LTD.
Oficina Principal : WILLEMSTAD, CURAZAO, ANTILLAS NEERLANDESAS.
Sitio Web: www.ktktugs.com

Esta Empresa de Remolcadores modernos en los puertos de Curazao fue fundada en el ano de 1985 y cada ano efectua miles de maniobras con grandes buques tanques y buques cruceros de turismo. Ha tenido poco desarrollo de la actividad de salvamento.

COLOMBIA.-

10.- INTERTUG S.A.
Oficina Principal : CARTAGENA DE INDIAS, COLOMBIA.
Sitio Web: www.intertug.com

Esta Empresa de Remolque y Salvamento fue fundada en1993 y hoy dia cuenta con modernos remolcadorers en los principales puertos colombianos situados en ambos Oceanos, Atlantico y Pacifico. Esta desarrollando tambien la actividad de salvamento.

CHILE.-

11.- CPT EMPRESAS MARITIMAS S.A
Oficina Principal : SANTIAGO , CHILE
Sitio Web: www.cpt.cl

Esta Empresa de Remolcadores originaria del puerto de Talcahuano, Concepción , en Chile ha tenido buen desarrollo en los ultimos anos y regentea una empresa de Remolque y Salvamento en Ecuador llamada SAGEMAR. Esta desarrollando la actividad de salvamento desde 1995.

12.-REMOLCADORES ULTRAGAS LTDA.
Oficina Principal :SANTIAGO, CHILE.
Sitio Web: www.ultratug.com

Esta gran Empresa de Remolque y Salvamento fue fundada en 1960 y posee 15 remolcadores basificados en la larga costa chilena y ha adquirido en estos casi 50 anos de servicios una gran experiencia de salvamentos y rescates en alta mar.

ARGENTINA.

13.- U A B L S. A.
Oficina principal : BUENOS AIRES, ARGENTINA.
Correo electronico: operaciones@uabl.net

Esta Empresa era la antigua OCEANMARINE que operaba con tres barcazas No-Propulsadas de 37,532 tons. de peso muerto cada una y dos Remolcadores de Suministro de porte oceanico de 7,200 caballos de fuerza cada uno y con esos buques han efectuado grandes salvamentos en las costas argentinas y en el Rio Parana desde el ano 1991.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-

Por todo lo expresado en la Conferencia queda demostrado que los remolcadores y Buques especializados en salvamento son LA PRIMERA LINEA DE DEFENSACONTRA LA CONTAMINACION DE LOS MARES y que la gran cantidad de productos contaminadores salvados en los ultimos 14 anos hasta el ano 2007con una cifra total de mas de 14 millones de toneladas nos dan una idea de la cantidad de desastres ecologicos que se han evitado con la accion conjunta de las empresas maritimas miembros de la ISU. Esta Cifra tambien tiene un valor de energia recuperada y tambien implica un valor economico considerable.

Es llamativo , dentro de nuestra area latinoamericana, que grandes paises como Mexico, Venezuela, Peru y Brasil, no tengan empresas que sean miembros de la ISU, aunque es conocido que poseen grandes empresas de remolcadores en dichos paises; esto es tambien aplicable, en menor escala, a los paises de Centroamérica, la Republica Dominicana, la gran isla de Trinidad y Tobago, el Paraguay y el Uruguay.

Por ultimo, recomendamos a la Direccion General del IPIN organizar en el proximo un SEMINARIO SOBRE SALVAMENTO MARITIMO en uno de los paises del area latinoamericana.

BIBLIOGRAFIA.-

Libro " BEST ENDEAVOURS- INSIDE THE WORLD OF MARINE SALVAGE "en ingles)- Autor Tony Redding- Publicado en Gran Bretana en el 2004 con motivo del 50 Aniversario de la ISU- Narra mas de 100 operaciones de salvamento y esta ilustrado con mas de 150 fotografias en un total de 251 paginas.

Folletos anuales de la ISU desde 1991 hasta el 2004 (en ingles).- Publicados por la ISU en Londres.

Folleto Especial sobre el 100 Aniversario del Contrato de Salvamento del LLoyd's (1908-2008) publicado como Suplemento de la Revista INTERNATIONAL TUG AND SALVAGE de Londres, Inglaterra (en ingles)

Revista maritima " MAR Y PESCA" – Numero 350- La Habana ,Cuba- Articulo "Salvar al PRINCESA y detener la Marea Negra"-Pags.27 a la 29. Autor: Capitan Aleop Tur Gutierrez- Abril del 2005.

XXI COPINAVAL
CONGRESO PAN-AMERICANO DE INGENIERIA NAVAL TRANSPORTE MARÍTIMO E INGENIERIA PORTUÁRIA

TITULO DEL TRABAJO:
MEJORAS TECNOLOGICAS EN LA MANIPULACION DE CARGA GENERAL EN EL PUERTO DE CIENFUEGOS

AUTOR: Ing. Jesús A. Sánchez García
Empresa Servicios Portuarios del Centro
Teléfono: 53 043 518659, 53 043 516115
Email: mariela.curbelo@gal.sld.cu
Dirección: Ave 52 entre 29 y 31 No 2913 (altos). Cienfuegos. Cuba

RESUMEN:

El trabajo consiste en la presentación de soluciones tecnológicas aplicadas en el puerto de Cienfuegos, en la manipulación de pacas de papel, cargas en sacos y cemento preeslingado, que representan soluciones técnicas con ahorros de combustible y efectos económicos positivos para nuestra Empresa.

En la manipulación de pacas de papel, se diseñaron unas tijeras, que garantizan el agarre seguro de la carga y permiten operar estos buques con eficiencia, ya que dichas pacas no permiten el uso de ganchos.

En la manipulación de sacos, para la transferencia de la carga estrobada, hasta el almacén y el ferrocarril, se diseñó un dispositivo combinado de brazo recto, que permite manipular 2 eslingadas de sacos (2 ton), en cada ciclo de trabajo del montacargas y estibar los sacos por eslingada.

En el cemento preeslingado, presentamos el uso de un dispositivo giratorio, para la estiba en las bodegas de los buques y un dispositivo doble para la transferencia con montacargas en el muelle. Estas innovaciones revolucionaron la manipulación de esta carga por nuestras instalaciones, aumentando los rendimientos, eliminando los falsos fletes y ahorrando combustible entre otras cosas.

ABSTRACT:

The work consists on the presentation of technological solutions applied in Cienfuegos port, for the handling of paper bales, goods in sacks and preslinged cement that represent technical solutions with savings of fuel and positive economic effects for our Company.

In the handling of paper bales, some scissors were designed to guarantee grabs sure of the cargo and they allow to operate these ships with efficiency, since these bales don't allow the use of hooks.

In the manipulation of sacks, for the transfer of the slinged cargo, until the warehouse and the railroad, a combined device of right arm was designed that allows to manipulate 2 slings of sacks (2ton), in each cycle of work of the fork lift and to stow the sacks for sling.

In the preslinged cement, we present the use of a revolvable device, for stows in the hold of the ships and a double device for the cargo transfer with fork lift in the dock. These innovations revolutionized the manipulation of this cargo for our facilities, increasing the productivity, eliminating the dead freights and saving fuel among other things.

1. INTRODUCCION.

El Puerto de Cienfuegos, está situado en el Centro Sur de Cuba, en la bahía del mismo nombre, el cual opera generalmente carga general, graneles limpios, graneles sucios y cargas refrigeradas.

Dentro del Hinterland del puerto de Cienfuegos, se encuentra la Papelera Damují, ubicada en el municipio de Abreus de nuestra provincia.

Tradicionalmente por el puerto Cienfueguero se manipula la materia prima de importación, destinada para la producción de bobinas de papel en dicha fabrica.

Generalmente la materia prima que se operaba por nuestras instalaciones, consistía en pacas de papel bien encintadas y alambradas, que permitían ser operadas por los alambres con ganchos, lográndose altos rendimientos en la operación de carga y descarga del producto.

En el año 2001, cambió el suministrador de la materia prima y se comenzó a recibir pacas de papel de 2.0 x 1.1 x 0.75 metros, con un peso de 600 kg, empacadas con alambres de muy mala calidad, que imposibilitan el uso de ganchos para su manipulación.

Por las características de la carga, su manipulación se dificultaba grandemente, operándose de seno por debajo de las pacas, con cables de 13 mm de diámetro y estrobos de soga; lo cual provocaba grandes averías a la carga y muy bajos rendimientos, al extremo que los obreros

comenzaron a rechazar trabajar en este tipo de buques, porque no cumplían la norma y salían afectados económicamente.

Ante esta situación se diseñó el dispositivo tipo tijeras, que resolvió la situación..

El puerto de Cienfuegos en los últimos tiempos ha experimentado un crecimiento notable en la manipulación de cargas ensacadas, las cuales generalmente se manipulan con montacargas equipados con plumines acoplables o mosquitos.

La transferencia de las cargas estrobadas desde el atraque hasta las áreas de almacenaje o el ferrocarril, se realiza utilizando los montacargas equipados con los plumines acoplables que manipulan una eslingada de sacos en cada ciclo de trabajo; es decir manipulan una tonelada en cada viaje.

En nuestra Terminal portuaria se viene desarrollando un trabajo de optimización de los recursos, en busca de la variante óptima donde se logren mayores rendimientos a menores costos; es decir mayores ganancias.

Teniendo en cuenta el principio antes mencionado, es que decidimos modificar el plumín acoplable de brazo recto, con dos lugares de enganche para facilitar la manipulación de 2 eslingadas de sacos en cada ciclo de trabajo del equipo.

Dentro del Hinterland del puerto de Cienfuegos, se encuentra la fábrica de cemento Cienfuegos S.A., enclavada en la localidad de Guabairo, a pocos kilómetros de nuestras instalaciones portuarias.

A través de la Terminal 02, se importan materias primas para la fabricación de cemento, tales como carbón de piedra, carbón coke y yeso a granel, además de exportar el clinker a granel.

Por la Terminal 01, se manipula el cemento preeslingado de exportación y cabotaje.

Tradicionalmente la manipulación de un buque de cemento preeslingado se realiza en un 70 % por variante indirecta y un 30 % por variante directa.

La manipulación por variante indirecta se realizaba mediante el proceso: Almacén – montacargas – transporte automotor – montacargas – Buque (montacargas a bordo), cuya operación involucraba muchos equipos, donde se utilizaban 3 tractores con carretas por línea tecnológica como medio de trasbordo, encareciendo la operación.

En busca de la eficiencia en las operaciones portuarias y considerando que el puerto de Cienfuegos no cuenta con medios de trasbordo suficientes es que desarrollamos la operación de cargas preeslingadas utilizando el dispositivo giratorio para la manipulación en las bodegas de los buques y el dispositivo doble para la transferencia de la carga en el muelle.

2. DESCRIPCIÓN DE LAS SOLUCIONES:

2.1. Dispositivo tipo tijeras para la manipulación de pacas de papel

El trabajo consiste en el diseño y construcción de un dispositivo tipo tijeras para la manipulación de pacas de papel de 2.0 x 1.1 x 0.75 metros, con un peso promedio de 600 kg.

Dicho dispositivo está constituido por 2 elementos configurados de planchas de acero de 14 mm de espesor reforzadas, que giran entre si, en su sección intermedia, a través de un eje pivote de 20 mm de diámetro, conformando una estructura similar a la de una tijera.

Los elementos configurados de planchas, presentan refuerzos soldados a solape de planchas de 10 mm de espesor a todo lo largo, desde su sección inferior hasta la parte intermedia de su sección superior, por la cara exterior del mismo. Y por la cara interior en la sección inferior, presenta planchas de 10 mm de espesor, soldadas a solape, como refuerzo. Cada elemento en su extremo inferior, también presenta una zapata de agarre, constituida por planchas de acero de 200 x 150 x 10 mm con puntos de soldadura distribuidos uniformemente por toda su superficie, para garantizar el agarre del aditamento a la carga. Estas zapatas se fijan mediante soldadura perpendicularmente a la estructura del elemento.



Figura 1. Dispositivo tipo tijeras para pacas de papel

Cada uno de los elementos configurados, en su extremo superior, se une mediante cadenas con eslabones soldados de 6 mm de espesor, a una argolla central, de la cual se suspende el dispositivo a través de una eslinga de soga de 3.5 pulgadas de perímetro, al gancho del medio de izaje o a un separador en caso de utilizarse.

Estos dispositivos para facilitar la manipulación de la carga, pueden ser utilizados suspendidos mediante separadores al gancho del medio de izaje. De acuerdo a la capacidad del equipo de izaje, pueden utilizarse separadores para 2 ó para 4 pacas, de los cuales se suspenderían 2 ó 4 dispositivos de tijeras respectivamente.

Durante el cálculo del dispositivo tipo tijeras se comprobó mediante cálculos, la sujeción de la carga por el dispositivo, se cálculo la fuerza de compresión del dispositivo a la paca, la tensión en los tirantes de cadenas del dispositivo, se calculó la estructura del dispositivo a flexión, se calculó el pasador del pivote central, se calcularon las argollas de unión de los tirantes de cadenas, y la soldadura de las mismas. Además se calculó la argolla central del dispositivo y su soldadura. Todos los cálculos arrojaron resultados positivos, por lo que se fabricaron y se aplicaron inmediatamente con resultados satisfactorios.

El cálculo económico de este trabajo lo realizamos a partir de indicadores técnicos – económicos reales de los buques operados de pacas de papel, desde Octubre del 2001, hasta diciembre del 2002, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 1. Comparación de indicadores en buques operados con tecnología tradicional y buques operados con la nueva tecnología.

Indicadores	Buques operados Con tecnología Tradicional	Buques operados con la nueva tecnología	Diferencia
Rendimiento promedio (ton / brig. turno)	77.57	134.77	+ 57.2
Gasto de salario por tonelada (pesos / ton)	2.54	1.52	- 1.02
Ingreso pronto despacho (USD)	-	2754.03	+ 2754.03
Ganancias del buque pesos / buque	- 6244.74	23900.1	30144.84

Analizando la tabla anterior, tenemos que en los buques operados con la nueva tecnología, se observa un incremento del rendimiento por brigada – turno en 57.2 ton / brig.- turno, representando un 73.74 % de incremento; mientras el gasto de salario por tonelada manipulada decrece en 1.02 pesos / ton, para un 40.2 % de decrecimiento.

Considerando que en los buques operados con la nueva tecnología se manipularon un total de 6532.93 ton de pacas de papel y que el gasto de salario por tonelada manipulada decreció en 1.02 pesos / ton en los mismos, podemos decir que con la introducción de la nueva tecnología, la Empresa se ahorró en ese año 6663.60 pesos por concepto de ahorro de salario.

Teniendo en cuenta el pronto despacho de los buques operados con la nueva tecnología con respecto al de los buques manipulados con la tecnología tradicional, se puede afirmar que la Empresa ingresó por pronto despacho 2754.03 USD adicionales.

Además debemos decir, que la operación con la nueva tecnología en los últimos buques operados, al compararlo con los anteriores, representa ganancias a la Empresa de 30144.84 pesos.

La introducción del nuevo dispositivo diseñado, trae consigo las siguientes ventajas:

- Disminución del tiempo de estadía del buque en puerto.
- Aumento de los rendimientos por brigada – turno.
- Disminución de los gastos por tonelada manipulada.
- Disminuye grandemente las averías a la carga, durante la manipulación. Prácticamente no produce averías, lo cual era abundante con la tecnología tradicional.
- Facilita la operación de descarga de las pacas, sobre todo al comienzo de la operación.

También debemos señalar, que con la introducción de la nueva tecnología, la Empresa se ahorró en un año de aplicación **6663.60 pesos** por concepto de ahorro de salario. Además ingresó en los buques operados, por pronto despacho **2754.03 USD** adicionales.

Por último queremos decir, que la operación con la nueva tecnología en los buques operados en el año, al compararlo con los anteriores, representa ganancias a la Empresa de **30144.84 pesos.**

2.2. Manipulación de cargas estrobadas, utilizando el plumín acoplable de brazo recto combinado.

El trabajo consiste en el diseño de un plumín acoplable de brazo recto, con 2 puntos de enganche, para ser acoplado a los montacargas 3FD-35 (cap. 3.5 ton) y 3FD-40 (cap. 4.0 ton) para la transferencia de cargas estrobadas hasta el área de almacenaje y el ferrocarril.

El primer punto de enganche con su buje de acero, se encuentra dispuesto a 148.5 cm perpendicularmente a la base del plumín, del cual se suspende un gancho de carga a través de un grillete con pasador roscado, para manipular una eslingada de sacos de 1 tonelada de peso, y el segundo punto de enganche, se coloca a 131 cm perpendicularmente a la base del dispositivo, con su buje de acero y su grillete con 2 ganchos de carga. Estos 2 ganchos permiten enganchar dos eslingadas de sacos al aditamento (una en cada gancho), manipulando 2 toneladas.

El dispositivo diseñado, está conformado por un brazo recto tipo cajón, de vigas canal No12, soldadas entre si de frente a tope, de 1791 mm de longitud y reforzado en su extremo inferior por otra sección de vigas cajón de 1116 mm de longitud.

En su extremo inferior, el brazo se une mediante soldadura con un ángulo de 32^0 con respecto a la vertical a una plancha con enganches, que funciona como medio de acople del plumín al espejo del montacargas. Los enganches presentan tornillos de seguridad que evitan el desplazamiento transversal del dispositivo a través del espejo del montacargas.

En su extremo inferior, el brazo se une mediante soldadura con un ángulo de 32^0 con respecto a la vertical a una plancha con enganches, que funciona como medio de acople del plumín al espejo del montacargas. Los enganches presentan tornillos de seguridad que evitan el desplazamiento transversal del dispositivo a través del espejo del montacargas. La plancha de enganche, en la parte inferior, presenta 2 orificios de 16 mm de diámetro a 110 mm de separación, a través de los cuales, mediante un soporte atornillado, se fija el aditamento a la parte inferior del espejo del montacargas



Figura No2. Plumín acoplable de brazo recto combinado

Toda la estructura del dispositivo se comprobó mediante cálculos para soportar una carga de 2000 kg a 134 cm de separación del espejo del montacargas y una carga de 1500 kg a 148.5 cm de separación, arrojando resultados satisfactorios.

El cálculo económico de este trabajo lo llevamos a cabo a través de la comparación de 2 procesos que se ejecutan con el plumín ordinario y la propuesta de 2 nuevos procesos utilizando el plumín de brazo recto combinado.

Procesos ordinarios analizados:

Proceso No1. Buque - 3M/C – Entongue

Proceso No2. Buque - 4M/C - Casilla Ffcc.

Procesos propuestos con el nuevo dispositivo:

Proceso No3. Buque - 2M/C (Plumín combinado) – Entongue.

Proceso No4. Buque - 3M/C (Plumín combinado) - Casilla Ffcc.

Descripción de los procesos:

Proceso No1. Buque - 3M/C – Entongue

La carga estrobada por 6 obreros distribuidos en parejas, procedente del buque es colocada en el muelle, donde 2 obreros, se encargan de liberarla del gancho del medio de izaje y engancharla a los mosquitos de los montacargas (3 equipos), que la trasladan hasta el área de almacenaje, en la cual 6 obreros encima de la tonga estiban la carga correctamente, según las reglas de almacenaje vigentes.

Proceso No2. Buque - 4M/C - Burro - Casilla Ffcc.

La carga estrobada, procedente del buque es colocada en el muelle, donde 2 obreros, se encargan de liberarla del gancho del medio de izaje y engancharla a los mosquitos de los montacargas (4 equipos), que la trasladan hasta el área del ferrocarril, colocándola encima de un burro o meseta de 2,44 metros de altura, situado al lado de la casilla, en el área de su puerta. Encima del burro se colocan 2 obreros encargados de recepcionar la carga y suministrar los sacos parados, a los 6 obreros situados en la casilla, encargados de estibar la carga.

Proceso No3. Buque - 2M/C (Plumín combinado) – Entongue.

La carga estrobada, procedente del buque es colocada en el muelle, donde 2 obreros, se encargan de liberarla del gancho del medio de izaje y engancharla a los plumines de brazo recto combinados de los montacargas (2 equipos), los cuales manipulan 2 eslingadas de sacos en cada ciclo de trabajo, enganchando una eslingada en cada gancho apareado que presenta el dispositivo. Los ganchos apareados se ubican a 131 cm perpendicularmente de la base del plumín. Una vez enganchadas las 2 eslingadas de sacos, se trasladan hasta el área de

almacenaje, en la cual 6 obreros encima de la tonga estiban la carga correctamente, según las reglas de almacenaje vigentes.

En este proceso se debe tener previsto (1) un obrero adicional en la base de la tonga, para cuando se estiben los sacos a 20 sacos de altura o más. Dicho obrero recepcionará las 2 eslingadas de sacos, y las ubicará en el piso del almacén sobre paletas. Una vez ubicadas establemente, las desengancha de los ganchos apareados y engancha una de ellas al gancho unitario del plumín ubicado a 154.5 cm perpendicularmente de la base del plumín, que se lleva hasta encima de la tonga, para ser estibados los sacos por una pareja de obreros, tal y como se realizaba anteriormente. Luego se procede al enganche de la otra eslingada por el mismo montacargas para la estiba, hacia otra pareja con el mismo objetivo. De esta forma el montacargas se ahorra un viaje, en comparación con el proceso anterior.

Cuando la estiba se realiza a baja altura, las parejas de los mismos 6 (seis) obreros de la tonga, recepcionan la carga, desenganchan una eslingada de los ganchos apareados para su estiba y la otra se traslada para otra posición (pareja), que estiban la carga.

Proceso No4. Buque - 3M/C (plumín combinado) - Burro - Casilla Ffcc.

La carga estrobada, procedente del buque es colocada en el muelle, donde 2 obreros, se encargan de liberarla del gancho del medio de izaje y engancharla a los plumines de brazo recto combinados de los montacargas (3 equipos), los cuales manipulan 2 eslingadas de sacos en cada ciclo de trabajo, tal y como se explicó en el proceso anterior. Una vez enganchadas las 2 eslingadas de sacos, se trasladan hasta el área de ferrocarril. En el área de ferrocarril, se ubica 1 (un) obrero adicional en tierra al lado de la casilla ferroviaria sobre un piso de paletas, para proteger la carga. Dicho obrero recepcionará las 2 eslingadas de sacos, manipuladas por el plumín de brazo recto combinado y las ubicará en el suelo sobre paletas. Una vez ubicadas establemente, las desengancha de los ganchos apareados y engancha una de ellas al gancho unitario del plumín ubicado a 154.5 cm perpendicular-mente de la base del plumín. Después de enganchada, la eslingada es colocada encima de un burro o meseta de 2,44 metros de altura, situado al lado de la casilla, en el área de su puerta, estibándose la carga en la casilla de la misma forma que se explicó en el proceso No2. Luego se procede al enganche de la otra eslingada por el mismo montacargas realizándose la misma operación. De esta forma el montacargas se ahorra un viaje, en comparación con el proceso No2.

Según cálculos realizados por un programa de computación diseñado en nuestra Empresa denominado PROCECON, los resultados de las ganancias a obtener por cada proceso son:

No	Proceso	Ganancias Pesos / turno
PROCESOS ORDINARIOS		
1	Buque - 3M/C – Entongue	1645.74
2	Buque - 4M/C - Casilla Ffcc.	1066.06
PROCESOS PROPUESTOS CON EL NUEVO DISPOSITIVO		
3	Buque - 2M/C (Plumín combinado) – Entongue.	1688.61
4	Buque - 3M/C (plumín combinado) - Casilla Ffcc.	1108.93

Comparando las ganancias de los procesos similares, entre los Procesos Ordinarios y los Procesos Propuestos con el nuevo dispositivo, observamos que se obtiene una ganancia de 42.87 pesos por cada turno de trabajo utilizado.

Como promedio anualmente por nuestras instalaciones se manipulan 546 brigadas-turnos de cargas en sacos, por lo que el uso de la nueva tecnología representa ganancias anuales de 23407. 02 pesos.

Ahorro de combustible:

El consumo por turno de trabajo, del montacargas TCM FD-35 es de:

C_{M1} = Tiempo trabajo x Norma Consumo = 5.47 (3.02) = 16.52 litros / turno

Si comparamos la cantidad de montacargas que intervienen por brigada turno entre los Procesos Ordinarios y los Procesos Propuestos con el nuevo dispositivo, observamos que en los procesos propuestos ahorramos un montacargas por cada brigada que utilizamos; es decir que ahorramos 16.52 litros de combustible por cada brigada turno utilizada.

Si tenemos en cuenta, que se emplean como promedio 546 brigadas – turnos de cargas en sacos, podemos decir que el uso de la nueva tecnología representa un ahorro anual de **9019.92 litros de gas – oil.**

La nueva tecnología con el uso del plumín acoplable de brazo recto combinado, trae consigo ventajas con respecto a la tecnología utilizada hasta el momento, las cuales son:

1. Se logra un aprovechamiento óptimo de la capacidad de carga del montacargas.
2 Disminuye el consumo de combustible por tonelada manipulada.
3 Disminuye los costos por tonelada manipulada del proceso.
4 Disminuye la cantidad de equipos a utilizar en el proceso.
5 Facilita la manipulación de cargas estrobadas en el ferrocarril.
6 Permite mayores ganancias en la manipulación de cargas ensacadas

Además, su aplicación representa un **efecto económico anual de 23407. 02 pesos, para nuestra Empresa y un ahorro 9019.92 litros de litros de combustible gas oil.**

2.3. Manipulación de cargas preeslingadas, utilizando el dispositivo giratorio para la manipulación en las bodegas de los buques y el dispositivo doble para la transferencia de la carga en el muelle.

El trabajo consiste en el diseño y aplicación de un dispositivo giratorio en los montacargas para la manipulación de cargas preeslingadas en las bodegas de los buques y el diseño y aplicación de un dispositivo doble en los montacargas para la transferencia de la carga desde el almacén hasta el muelle, lo cual ha revolucionado la manipulación de esta carga por nuestras instalaciones.

2.3.1. Dispositivo giratorio para la manipulación en las bodegas de los buques.

El dispositivo consta de una sección fija, que se introducen en las uñas del montacargas y una móvil, que gira alrededor de un eje, sobre un cojinete Nº67515 de rodillos, cónico de empuje axial con 4 enganches especiales.

La sección fija consiste en una funda, seccionada en dos, conformada por planchas de 14mm de espesor, de 1300 mm de largo por 450mm de ancho.

La sección móvil está conformada por un marco de vigas cajón 60 x 100mm de 800mm de largo por 700 mm de ancho. Dicho marco en cada esquina, presenta un enganche especial empotrado en las vigas, para suspender la carga.

Cada uno de los elementos del dispositivo fue calculado con resultados satisfactorios.

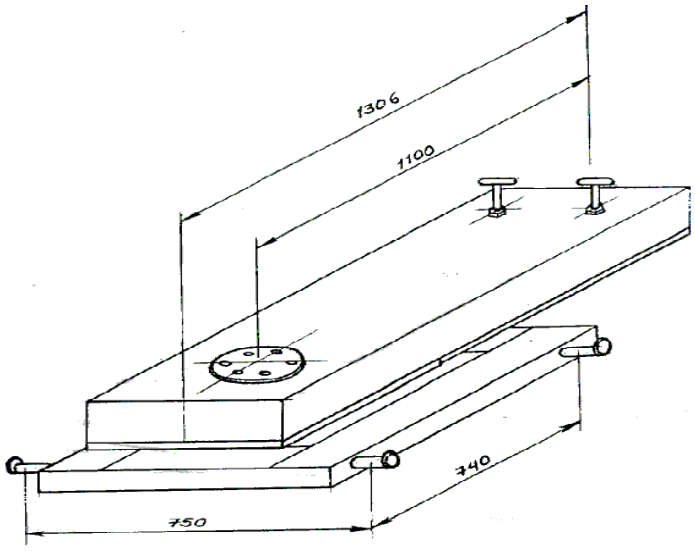


Figura No3. Dispositivo giratorio con enganches especiales.

El uso del dispositivo giratorio en las bodegas de los buques, trae las siguientes ventajas:

- Aumento de los rendimientos en la operación.
- Disminuye las perdidas por averías a la carga.
- Humaniza el trabajo, ya que el obrero tiene que hacer menos esfuerzo, al guiar la carga, por la condición de ser giratorio.
- Elimina el falso flete en los embarques, ya que con este dispositivo se logra llenar a su capacidad máxima la bodega del buque, por permitir estibar con el montacargas a 4 preeslingas de altura, con un mínimo de separación de la carga al dispositivo.
- Se logran mayores ingresos por pronto despacho.

2.3.2. Dispositivo doble para la manipulación de cemento preeslingado.

El trabajo consiste en el diseño, en Autocad, de un dispositivo para manipular 2 preeslingas en cada ciclo de trabajo de los montacargas.

El dispositivo consiste en un marco de vigas I No14 (h = 140 mm) de 2003.3 mm de largo por 822.8 mm de ancho con 2 fundas de vigas canal No20 (h = 200 mm) de 1126.5 mm de largo, soldadas transversalmente, a través de las cuales se introducen las uñas del montacargas, como medio de acoplamiento del dispositivo al equipo. Cada una de las fundas por su parte superior presenta un eslabón de cadena calibre 11 mm soldado en el extremo, a través de los cuales mediante un medio flexible (soga, cadena, etc.) se asegura el dispositivo a las uñas del montacargas. Como refuerzo a la unión soldada de las fundas al marco, se colocan a ambos lados de las fundas cartabones soldados de 130 x 70 x 10 mm.

El dispositivo también cuenta con 8 enganches especiales soldados al marco de vigas I No 14, sobresaliendo por debajo del mismo en forma de ganchos rectos. Estos enganches especiales están dispuestos convenientemente para facilitar el desenganche de la carga sin la participación del obrero, una vez colocada la misma sobre una superficie dada.

Los enganches están construidos con barras de acero CT3 de 25.4 mm de diámetro con un ángulo de inclinación hacia arriba de 6 grados, teniendo en cuenta el ángulo máximo de basculación de los montacargas hacia delante.

Todos los elementos del dispositivo fueron calculados, con resultados satisfactorios.

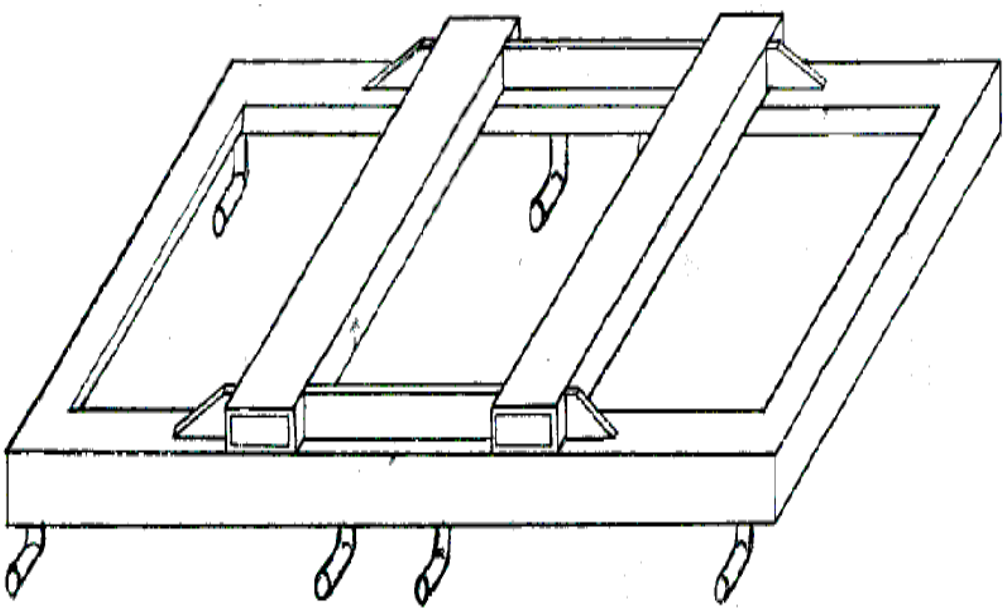


Figura No4. Aditamento doble con enganches de barras

Calculo económico:

El calculo económico lo realizaremos, mediante una comparación de las ganancias a obtener por brigada – turno, a través de un programa de computación diseñado en nuestra Empresa, entre el proceso tradicional por variante indirecta y el nuevo proceso diseñado.

Proceso tradicional:

Desentongue – M/C – Transporte automotor - M/C – Buque (M/C a bordo).

Proceso nuevo:

Desentongue – 2 M/C (con dispositivo doble) – Buque (M/C a bordo).

Según los cálculos realizados, los resultados son los siguientes:

	Proceso	**Ganancias Pesos / turno**
Proceso tradicional	Desentongue – M/C – Transporte automotor – M/C – Buque (M/C a bordo)	1756.73
Proceso nuevo	Desentongue – 2 M/C (dispositivo doble) – Buque (M/C a bordo)	2272.12

Como se observa, con la introducción de la nueva tecnología se logra una ganancia de 515.39 pesos por cada brigada – turno que se ejecute con el nuevo proceso.

Al cierre del año 2006, se manipularon 73 253 toneladas de cemento preeslingado, utilizando para ello 212 Brigadas – turnos.

Si tenemos en cuenta que las ganancias por el uso de la nueva tecnología es de 515.39 pesos / brigada – turno, las ganancias en el año fueron de 109 262.68 pesos.

Ahorro de combustible:

El consumo de los equipos que intervienen en los procesos por turno es el siguiente:

- Montacargas TCM FD-35: C_{M1} = 5.47 (3.02) = 16.52 litros / turno
- Montacargas TCM FD-25: C_{M2} = 5.47 (1.89) = 10.34 litros / turno
- Tractor FIAT: C_T = 5.47 (3.0) = 16.41 litros / turno

Analicemos el consumo de combustible por ambos procesos:

Tecnología tradicional:

Proceso: Desentongue – Montacargas – Transporte automotor – Montacargas – Buque (Montacargas a bordo)

En este proceso intervienen 2 montacargas TCM FD-35, 1 montacargas TCM FD-25 y 3 Tractores con carretas FIAT

El consumo de combustible por brigada – turno, por la tecnología tradicional es:

$C_{TT} = 2\ C_{M1} + C_{M2} + 3\ C_T = 2\ (\ 16.52\ ) + 10.34 + 3\ (\ 16.41\ ) = 92.61$ litros / brig– turno.

Tecnología nueva:

Proceso: Desentongue – 2 montacargas (dispositivo doble) – Buque (montacargas a bordo)

En este proceso intervienen 2 montacargas TCM FD-35 y 1 montacargas TCM FD-25

El consumo de combustible por brigada – turno, por la tecnología nueva es:

$C_{TN} = 2\ C_{M1} + C_{M2} = 2\ (16.52) + 10.34 = 43.38$ litros / brigada – turno.

El ahorro de combustible por brigada – turno, con la aplicación de la nueva tecnología:

A = $C_{TT} - C_{TN} = 92.61 – 43.38 = 49.23$ litros / brigada – turno

Si tenemos en cuenta, que se manipularon 212 brigadas – turnos en el año, el ahorro de combustible con la introducción de la nueva tecnología es de 10436.76 litros de gas – oil.

El uso del aditamento doble con los montacargas como medio de trasbordo, para la manipulación de cemento preeslingado, trae consigo las siguientes ventajas:

1. La reducción de los costos de manipulación en el puerto.
2. Se logra un aprovechamiento óptimo de la capacidad de carga del montacargas TCM 3FD-35.
3. Facilita el desenganche de la carga, ya que el mismo es autodesenganchable.
4. Humaniza el trabajo del hombre, al ser autodesenganchable.
5. Disminuye el consumo de combustible por tonelada manipulada.
6. Disminuye los costos por tonelada manipulada del proceso.

7. Disminuye la cantidad de equipos a utilizar en el proceso.
8. Menor manipulación de la carga, lo cual influye en la integridad de la misma; menores pérdidas por averías.

Además, su aplicación representa un **efecto económico anual de 109 262.68 pesos, para nuestra Empresa y un ahorro de 10436.76 litros de combustible gas oil.**

Recomendamos su uso, en todas las Terminales y entidades del país, que manipulen cargas preeslingadas y big-bags, ya que dicho aditamento, también permite manipular 2 big-bags en cada ciclo de trabajo del montacargas.

CONCLUSIONES.

Las soluciones tecnológicas aplicadas en el puerto de Cienfuegos, en la manipulación de pacas de papel, cargas en sacos y cemento preeslingado, representan soluciones técnicas factibles de aplicar en Terminales multipropósitos con ahorros de recursos y efectos económicos positivos para las entidades portuarias.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Anuriev V.I. (1997) **Manual del constructor de máquinas. Tomo I y II.** Quinta edición. Editorial ¨Maschinostroenie¨. URSS. Moscú.
- Afanaschenco V. N. (1984) **Dispositivos de carga para grúas**. **Metodología de cálculos.** Buró Central de proyectos del Mar Negro. Editorial ¨Mortejinformreclama¨. URSS. Moscú.
- Ivanchenco F.C. (1978) **Cálculos de equipos de izaje y transportación.** Segunda edición. Editorial ¨Vischa schola¨. URSS. Kiev.
- Chernavsky S.A. (1979) **Proyecto de curso para piezas de máquinas**. Editorial ¨Maschinostroenie¨ URSS. Moscú.
- Pisarenko G.S. (1979) **Manual de resistencia de materiales**. Editorial ¨Mir¨. URSS. Moscú.
- Chernomorskin C. P. K. B. (1984) **Dispositivos de agarre para grúas**. **Metodología de cálculos**. Editorial ¨Mortecinformreclama¨. URSS. Moscú..
- Glizmanenco D.L. (1976) **Soldadura y Corte de los Metales**. Editorial "Científico-Técnico". Cuba. La Habana.
- Machulsky I. I. (1987) **Manual** "**Montacargas eléctricos**". Editorial "Transport". URSS. Moscú.

XXI COPINAVAL 2009

TITULO DEL TRABAJO

PROCEDIMIENTO DE INSPECCION PARA EL DIAGNOSTICO CORROSIVO-ESTRUCTURAL EN LA SUPERESTRUCTURA DE OBRAS HIDROTECNICAS

Autor: Ing. Civil. Ignacio Sinconegui.
Administración Portuaria Nacional. Ministerio del Transporte. La Habana. Cuba.
e-mail: ignacio@apn.transnet.cu

Autor: Técnico en Prefabricados. Sandra LLorca.
Empresa Constructora de Obras Marítimas. Ministerio de la Construcción. La Habana. Cuba.
e-mail: construcciones@eomarit.com.cu

RESUMEN

Se presenta un procedimiento de inspección para las construcciones hidrotécnicas con el propósito de identificar y describir las causas, evaluar, y clasificar los daños que aparecen en las obras adyacentes a las costas como son los muelles y espigones. Estas instalaciones se encuentran expuestas a los efectos agresivos del agua de mar, por las acciones accidentales de origen natural del choque de las olas, las que ocurren en la zona de salpicadura y en la zona atmosférica, ésta última afectada por el aerosol marino. El objetivo del trabajo es diagnosticar la magnitud de las lesiones por corrosión de las estructuras de hormigón armado, que por inadecuadas maniobras de las embarcaciones y de las operaciones sobre la plataforma de servicios, y los inapropiados sistemas de defensas y de puntos de amarres provocan deterioros puntualmente localizados o generalizados en la superestructura de una obra marítima, cuyas alteraciones y desperfectos inciden en la pérdida de la capacidad portante para la cual fueron diseñada.

ABSTRACT

This paper shows up an inspection procedure for maritime constructions with the purpose to identify and describe the causes, asses, and to classify the damages at constructions that appear beside to the coast such as piers and jetties. These facilities are exposed to the aggressive effects of the seawater by the natural source of break wave, which occur in splash zone and marine atmosphere zone, the latter affected by the spray. The aim of this paper is to diagnose the magnitude of the injuries due to corrosion in reinforced concrete structures by improper manoeuvres of vessels and in platform of service operations, the inadequate system defences and of points of tie-ups, cause punctually localized or widespread of damages in superstructures of maritime constructions, whose deterioration, damages, affect the loss of the bearing capacity for which they were designed.

INTRODUCCION.

La superestructura de una obra marítima ubicada en la zona costera y los materiales utilizados en la fabricación del hormigón que lo compone, son susceptibles de degradarse y desarrollar lesiones cuando se exponen al contacto directo o indirecto del aerosol marino y las salpicaduras del agua de mar, la cual contiene sulfatos y cloruros que se depositan en las superficies de toda la estructura y penetran en la masa del hormigón endurecido a través de su porosidad. Estos agentes agresivos de origen químico como son los sulfatos (SO_4^{-2}) y cloruros (Cl^-), reaccionan con algunos productos de la hidratación del cemento entre los que se destacan el hidróxido de calcio ($Ca(OH)_2$) y el aluminato tricálcico (C_3A).

Ante las reacciones químicas que se producen entre los agentes agresivos presentes en el aerosol marino y en el agua de mar y los productos de la hidratación del cemento, resulta la cristalización de nuevos compuestos con el consecuente aumento de volumen que conllevan al agrietamiento, variaciones en el pH y la corrosión del acero de refuerzo del hormigón de la estructura.

El objetivo del trabajo es presentar un procedimiento de inspección preliminar para diagnosticar la magnitud de las lesiones por corrosión que aparecen en las instalaciones hidrotécnicas, con evidencias de inadecuadas maniobras de atraque y desatraque de embarcaciones, deficiencias operacionales sobre la plataforma de servicios, así como inapropiados sistemas de defensas y de puntos de amarres, que provocan deterioros puntualmente localizados o generalizados en la superestructura de una obra marítima, cuyas alteraciones y desperfectos inciden en la pérdida de la capacidad portante para la cual se diseñaron.

ALCANCE.

Abarcar la inspección preliminar de la superestructura de las obras hidrotécnicas a partir de un examen visual y los antecedentes que conduzcan al levantamiento de daños corrosivos-estructurales basada en la etapa de prediagnosis al inspeccionar las estructuras para evaluar los daños de las obras. En este trabajo no se abordan los estudios previos/diagnosis que tienen lugar in situ y a escala de laboratorio, ni los trabajos de gabinete concluyentes de un diagnóstico.

ANTECEDENTES.

Este procedimiento de inspección para el diagnóstico corrosivo-estructural en la superestructura de las obras hidrotécnicas está sustentado en exámenes visuales reales de estructuras severamente dañadas por corrosión del hormigón ubicados en diversos puertos de Cuba, y cuyos datos son indispensables para la toma de decisiones sobre la intervención a realizar en la obra. La base metodológica se fundamenta en una línea de chequeo de la instalación portuaria donde se incluyen los datos generales de la obra, documentación existente, tipo de operaciones que realiza, tipo y característica de las embarcaciones que operan, descripción técnica de la instalación, sistemas a inspeccionar y otros datos físicos y medioambientales de interés para el proyecto de mantenimiento y conservación según proceda.

PLANTEAMIENTO DE CRITERIOS PARA LA INSPECCION PRELIMINAR.

En el monitoreo visual de la obra hidrotécnica se analizan criterios para sugerir las principales intervenciones o acciones constructivas a realizar, posterior al diagnóstico corrosivo-estructural. Estos criterios se basan en el nivel y estado de los daños de las estructuras y son descritas a continuación:

1. Trazar el objetivo de las evaluaciones en la inspección preliminar en el contexto que enmarca la superestructura en general.
2. Considerar la importancia de la estructura dañada referida a sus funciones portantes.
3. Cuantificar los elementos estructurales dañados.
4. Medir las dimensiones y extensión dañada en las estructuras.
5. Recopilar la información técnica de la obra donde se incorporen listas de chequeos efectuados con anterioridad.
6. Adquirir la información del proyecto original u otra modificación realizada a la instalación portuaria, tales como, rehabilitación, reconstrucción, restauración, reparación, o nueva inserción.
7. Disponer de la documentación de archivo que incluya el proceso de ejecución de la obra hidrotécnica, como son, el libro de obra, las actas de trabajos ocultos, y otros relacionados con las acciones constructivas acometidas.
8. Valorar los aspectos económicos y financieros vinculados con el presupuesto para la inversión, de la propuesta de intervención o acciones constructivas.

METODO PARA LA EVALUACION DE LA OBRA HIDROTECNICA.

Fase de inspección.

Se establece la causa del daño de la superestructura y la recopilación de la información técnica.

- **Pasos de la inspección.**
  - Identificar las inadecuadas maniobras de atraque y desatraque de las embarcaciones.
  - Identificar las deficientes operaciones sobre la plataforma de servicio.
  - Identificar los inapropiados sistemas de defensas y de puntos de amarres.
  - Identificar la magnitud de las lesiones por corrosión que aparecen en la superestructura.
  - Identificar el mecanismo de deterioro que está dañando la superestructura por causas del medio ambiente y la ubicación geográfica.

- **Aspectos fundamentales en el procedimiento de evaluación.**
  - Impactos inherentes a daños externos.
  - Efectos corrosivos por vulnerabilidad de la superestructura a la agresividad del medio.

EVALUACION DE LOS DAÑOS EN LAS OBRAS HIDROTECNICAS.

Inspección y Control.

La inspección de las estructuras hidrotecnicas se encamina a comprobar su capacidad de carga y determinar la utilidad y continuidad en el servicio que brinda. Las razones para realizar la evaluación funcional de un atraque son variadas, lo que infiere una planificación del trabajo con un ordenamiento lógico que permita arribar a conclusiones. El procedimiento planteado en este artículo solo aborda la etapa de prediagnosis in situ.

- **Prediagnosis en las obras hidrotécnicas.**

El propósito es realizar un análisis del estado de la obra hidrotécnica y de sus características y hacer una valoración para decidir la necesidad de continuar la inspección. Esta etapa se limita a reconocer la obra y fundamentar su funcionalidad, así como puntualizar las características de los

materiales y localizar las lesiones y las posibles causas, orígenes y mecanismos que las ocasionan. Se trata de hacer un reconocimiento inicial sobre la seguridad que ofrece la estructura, y priorizar las medidas necesarias para acometer la intervención. Si en esta etapa se dictamina que la estructura se encuentra en perfecto estado, concluye el estudio preliminar. Si por el contrario, el estado estructural es deplorable, continúa el proceso y entonces se orienta la siguiente etapa de estudios previos/diagnosis in situ y a nivel de laboratorio hacia aquellas zonas que requieran la atención.

La inspección preliminar se efectúa basada en la pericia del experto donde se decretan los defectos más significativos tales como: las fisuras o grietas, deformaciones, cambios de coloración y aspecto exterior, y los deterioros provocados por la corrosión del hormigón que aparecen y son visibles en los elementos estructurales de la obra.

SISTEMA DE DEFENSA DE UNA OBRA HIDROTECNICA.

El sistema de defensa se instala en una estructura hidrotécnica para cumplimentar las siguientes razones:

1. Absorber la energía de impacto debida al atraque del buque.
2. Evitar que el casco del buque entre en contacto con la superestructura en el momento del atraque.
3. Evitar y/o reducir los movimientos del buque mientras permanece amarrado a la instalación hidrotécnica.

La finalidad de las defensas es absorber la energía cinética del buque en el momento de su atraque, evitando que sufran daños el casco y la propia estructura del muelle. En la medida que se ha incrementado el desplazamiento de los buques se ha demostrado la eficacia de estos sistemas de protección, por lo que la inversión por este concepto está plenamente justificada en función de los costos de reparación los cuales tienden a disminuir, y por otra parte, se optimiza el diseño estructural del atraque a la hora de proyectar la obra.

El sistema de defensa dispuesto evita que la parte curva de la proa del buque, cuando este atraca, entre en contacto con la superestructura de la obra hidrotécnica (vigas frentemuelles) y con los

sistemas de amarres (bolardos, bitas, etc). Las defensas impiden también que el casco del buque y el atraque puedan dañarse por los movimientos causados por los vientos, variaciones del nivel del mar, oleajes generados por los vientos, las corrientes marinas o pasos de buques por las cercanías de la instalación, igualmente, las defensas reducen los movimientos del buque atracado.

Los buques que presentan su sistema de amarras y defensas, tienen un período propio de oscilación que cuando están próximos al de las olas o grupos de olas que alcanzan el nivel del muelle, el sistema puede entrar en resonancia y dificulta las operaciones de cargas o descargas. Con un diseño apropiado del sistema amarras y de defensa es posible cambiar el período de oscilaciones del barco y mejorar las condiciones de operatividad.

Las defensas deben contar con atributos a tener en cuenta y serán incorporados en el diseño estructural del atraque.

- Diseño sencillo y económico.
- Que el sistema de montaje se adapte a la estructura diseñada.
- Longitudes y diámetros en correspondencia con el diseño de la estructura.
- Resistencia a la abrasión por condiciones adversas.
- Características de deformación progresiva de la carga.
- Largas trayectorias de colocación en la instalación.
- Diámetro interior y exterior, cadena y grillete.
- Diseño de los elementos de sujeción de las defensas.

FICHA DE INSPECCION PARA LA ETAPA DE PREDIAGNOSIS IN SITU DE UNA INSTALACION HIDROTECNICA.

En las tablas 1, 2, 3, 4, 5 y 6 se presentan plantillas de datos generales (expediente) que reflejan los datos y parámetros técnicos mas significativos a tener en cuenta en la etapa de prediagnosis al inspeccionar una obra hidrotécnica.

Tabla 1. Plantilla de datos generales y técnicos de la instalación, operaciones que realiza, y características del buque tipo de cálculo de la obra hidrotécnica.

1.-DATOS GENERALES DE LA INSTALACION.	
DATOS	**DESCRIPCION**
• UBICACIÓN GEOGRAFICA	
• AÑO DE CONSTRUCCION	
• OPERADOR PORTUARIO	
• FECHA DE INSPECCION	
2.-DATOS TECNICOS DE LA INSTALACION.	
DATOS	**DESCRIPCION**
• LONGITUD (m)	
• ANCHO (m)	
• AREA (m^2)	
• ORIENTACION	
• ESLORA MAXIMA CERTIFICAD (m)	
• CALADO MAXIMO CERTIFICADO (m)	
• DESPLAZAMIENTO MAXIMO CERTIFICADO (ton)	
3.-TIPO DE OPERACIONES QUE REALIZA LA INSTALACION.	
4.-CARACTERISTICAS DEL BUQUE TIPO DE CALCULO DE LA OBRA HIDROTECNICA.	
PARAMERTOS GENERALES	**DESCRIPCION**
• TIPO DE EMBARCACION	
• ESLORA (m)	
• MANGA (m)	
• CALADO (REFERIDO N.M.T.) (m)	
• DESPLAZAMIENTO MAXIMO (ton)	

Tabla 2. Plantilla de datos de las condiciones hidrometeorológicas de la zona.

5.-CONDICIONES HIDROMETEOROLOGICAS DE LA ZONA.	
VARIABLES	**DESCRIPCION**
• VIENTOS PREDOMINANTES	
• INTENSIDAD DE LOS VIENTOS PREDOMINANTES (kph)	
• NIEBLAS	
• AMPLITUD DE MAREAS (m)	
• CORRIENTES DE MAREAS (km/h)	
• OLEAJE DE GENERACION LOCAL (m)	
• OLEAJE DE GENERACION DISTANTE (km)	
• TEMPERATURA MAXIMA PROMEDIO ANUAL (ºc)	
• TEMPERATURA MINIMA PROMEDIO ANUAL (ºc)	
• HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO ANUAL (%)	
• PRECIPITACION PROMEDIO ANUAL (mm)	
• NUBOSIDAD MEDIA ANUAL	
• INCIDENCIA LUZ SOLAR PROMEDIO ANUAL (h)	
• RADIACION PROMEDIO ANUAL (kcal / m^2)	

Tabla 3. Plantilla de datos de las características geológicas e hidrográficas de la zona.

6.-CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DE LA ZONA.	
NATURALEZA	**DESCRIPCION**
• ESTRUCTURA GEOLOGICA	
• FORMACION GEOLOGICA	
• LITOLOGIA	
• CLASIFICACION DEL SUELO (SUCS)	
7.-CARACTERISTICAS HIDROGRAFICA DE LA ZONA.	
PARAMETROS	**DESCRIPCION**
• RELIEVE DEL FONDO MARINO (BATIMETRIA)	

Tabla 4. Plantilla de datos de la descripción técnica de la instalación, sistema de amarre y de defensa.

8.-DESCRIPCION TECNICA DE LA INSTALACION.		
9.-SISTEMA DE AMARRE.		
TIPO	**DESCRIPCION**	
	ESPACIAMIENTO (m)	**CAPACIDAD (ton)**
• CORNAMUSA		
• BOLARDO		
• BITA		
• BITON		
10.-SISTEMA DE DEFENSA.		
PARAMETROS	**DESCRIPCION**	
• TIPO		
• NIVEL DE ABSORCION DE ENERGIA (%)		
• ESPACIAMIENTO ENTRE DEFENSAS (m)		
• ENERGIA CINETICA QUE ABSORVE LA DEFENSA (ton-m)		
• ENERGIA CINETICA QUE TRANSMITE EL BUQUE (ton-m)		
• SISTEMA DE SUJECION		
• CADENAS		
• GRILLETES		

Tabla 5. Plantilla de datos del sistema de iluminación y descripción de los medios de señalización.

10.-SISTEMA DE ILUMINACION.	
PARAMETROS	**DESCRIPCION**
• COMPOSICION	
• TIPO DE TORRES	
• ALTURA DE TORRES	
• CANTIDAD DE LUMINARIAS	
• CORRIENTE (v)	
• POTENCIA (w)	
• ACOMETIDA ELECTRICA	
• ENCENDIDO	
• PROTECCION	
• ESTADO INTEGRAL DEL SISTEMA	
11.-DESCRIPCION DE LOS MEDIOS DE SEÑALIZACION.	

Tabla 6. Plantilla de datos de la inspección técnica de la superestructura, lesiones mas significativas, origen, causas y mecanismo de los daños.

12.-INSPECCION TECNICA VISUAL DE LA SUPERESTRUCTURA DE LA INSTALACION.	
ESTRUCTURA	**DESCRIPCION**
• VIGA FRENTEMUELLE	
• VIGA LONGITUDINAL	
• VIGA TRANSVERSAL	
• LOSA DE RODADURA	
• MUROS GUARDARRUEDAS	
13.- LESIONES MAS SIGNIFICATIVAS	
DESPERFECTOS	**DESCRIPCION**
• DESCONCHADOS (SIN LLEGAR AL ACERO)	
• GRIETAS Y FISURAS	LONGITUD: ANCHO: ORIENTACION: ESTABILIDAD (ACTIVA): ESTABILIDAD (PASIVA): LOCALIZACION (SIGUEN LINEAS): LOCALIZACION (ROMPEN PIEZAS):
• PERDIDA DE SECCION TRANSVERSAL (SIN LLEGAR ACERO)	
• ACERO EXPUESTO (CON CORROSION)	
• COLAPSO TOTAL	
• EFLORESCENCIA	

14.-ORIGEN, CAUSAS Y MECANISMOS DE LOS DAÑOS.			
DESPERFECTOS	**DAÑOS**		
	ORIGEN	**CAUSAS**	**MECANISMOS**
• PRESENCIA DE FISURAS EN LA SUPERFICIE DEL HORMIGON			
• DISGREGACION EN EL HORMIGON			
• DELAMINACION EN EL HORMIGON			
• CORROSION CON PERDIDA DE SECCION DEL ACERO			
• CORROSION POR PICADURA			

CASO DE ESTUDIO DE UNA INSPECCION PRELIMINAR DEL MUELLE DE CARGA GENERAL EN UN PUERTO DE CUBA.

o **Descripción de la instalación.** La estructura del muelle está conformada por un sistema de losas prefabricadas, que se apoyan sobre vigas transversales fundidas in situ, las cuales se apoyan a su vez sobre pilotes prefabricados. La certificación de este muelle está en trámites.

o **Losas pantallas.** Este muelle ha estado sometido a elevados niveles de impactos y esfuerzos por las acciones mecánica que ocurren en la maniobra de atraque de las embarcaciones, lo que ha provocado fracturas de la viga en casi toda su longitud, (Figura 1). Desde el extremo inferior de estas losas frente muelle hasta su arista superior, se pueden apreciar grietas y fisuras activas, áreas de desconchados con desprendimientos del recubrimiento de hormigón, y aceros expuestos con un alto grado de corrosión. Asimismo, existen tramos con averías y otros que evidencian desplomes de estas estructuras, lo cual compromete técnicamente la capacidad portante de esta instalación para prestar los servicios de su diseño estructura, (Figuras 2 y 3).



Figura 1.Vista del atraque



Figura 2. Acero expuesto



Figura 3.Desplomes

o **Losas de pavimento.** Presentan un estado de daños y deterioros muy avanzados. En la banda Sur del muelle no se ha vertido el hormigón en las juntas de las losas planas colocadas recientemente, por lo que el proceso de cargas y descargas del puerto en toda la plataforma de operaciones se limita por esta situación, (Figuras 4). Se aprecian zonas con hundimientos en el pavimento y en las tapas de las canalizaciones de las redes técnicas, (Figuras 5), fisuras por sobrecargas, deterioro de las juntas en todos sus contornos y falta de estanqueidad en las mismas, (Figuras 6).



Figura 4. Juntas sin hormigonar



Figura 5. Hundimiento en pavimentos y redes técnicas



Figura 6. Deterioro en juntas y falta de estanqueidad

Las losas planas mas arriba mencionadas son de doble malla de acero de refuerzo identificadas de tipo L-5 y L-6, construidas con el propósito de sustituirlas por las que están deterioradas en toda la plataforma del muelle. A algunas de estas losas planas le han cortado las barras de acero saliente, cuya función esencial es asegurar el anclaje entre las mismas para garantizar la continuidad estructural, por lo que de éstas, las que se encuentren afectadas por este suceso deben

ser nuevamente reconstruidas o en su defecto restituir la cuantía de acero según el proyecto ejecutivo de prefabricado, (Figuras 7 y 8).



Figura 7. Barras de acero dobladas.



Figura 8. Barras de acero cortadas.

o **Puntos de amarre.** Se observan falta de mantenimiento.

o **Sistema de defensa.** Muy deficiente, casi inexistentes, e inapropiadas. Se evidencia que son incompatibles a los desplazamientos de los buques de 2000 ton que deben operar en este muelle, (Figuras 9 y 10).



Figura 9. Defensas inapropiadas.



Figura 10. Ausencia de defensas.

Recomendaciones propuestas al caso de estudio de la inspección realizada a un muelle de carga general en la República de Cuba.

1) Sustituir todas las losas pantallas y las losas planas (42 y 189 unidades) respectivamente, que aparecen en el proyecto de reconstrucción del muelle de carga general, las cuales deben ser construidas nuevamente.

2) Garantizar que la reparación de las losas planas que se colocaron y fueron afectadas por el corte de las barras de anclaje de las mismas, se ejecute tal y como aparece en el proyecto de ejecución de prefabricado.

3) Emplear un sistema de defensa adecuado según las exigencias de los desplazamientos de los buques.

4) Actualizar la defectación de la obra hidrotécnica en su totalidad.

5) En caso que se determine la permanencia ("no sean demolidas") un nivel de estructuras en el muelle, éstas deben ser sometidas a un estudio detallado de diagnosis debido a la alta tasa de corrosión existente en esta instalación, inducido este deterioro por el efecto directo de los iones cloruros (Cl^-) presentes en el agua de mar, que degradan las estructuras de hormigón armado expuestas permanentemente a esta acción deletérea. Estos estudios abarcarán tanto la zona submareal, intermareal y supramareal de la instalación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Anotaciones de los autores en talleres, charlas, cursos cortos, seminarios, ciclos de conferencias, reuniones técnicas y eventos a fines.

ACEPTADO No 114

“PROYECTO DE UNA RED MAS EFICIENTE PARA LOS BARCOS 23M CAMARONEROS. EVALUACION DE LOS GASTOS ENERGETICOS DURANTE EL ARRASTRE.”

Autor: Ing. Leonardo Osmany Zamora Meralla

INSTRODUCCION.

El trabajo presentado tiene como antecedente los altos consumo obtenidos por los barcos camaroneros y en especial los barcos camaroneros de construcción holandesa de la empresa Epicien durante el año 2007, analizado anteriormente en el trabajo “EVALUACION DE LOS GASTOS DE COMBUSTIBLE EN EMBARCACIONES CAMARONERAS CUBANAS”

En aquella ocasión el precio del petróleo estaba entre 40 ÷ 50 por barril, en la actualidad los precios continúan elevándose como tendencias al alza a más largo plazo. La subida de los precios ha traído como resultado el aumento entre 5 y un 10 porciento de los productos derivados del petróleo, entre ellos se encuentran los materiales de las artes de pesca que utilizan las embarcaciones.

Por lo que decidimos proyectar una red para los barcos camaroneros 23 m que fuera más eficiente que la que utilizan actualmente los barcos camaronero de construcción en Damex perteneciente a la empresa Epicien.

Hipótesi: Se espera que con una disminución de la resistencia de la red durante el arraste exista una disminución de los consumos de combustible a partir de trabajar con las revoluciones recomendadas por el fabricante.

DESARROLLO DEL PROYECTO.

1. Descripción técnica. La Pesca del Camarón en Cuba





Fig 1 Farfantepenaeusrotiales **Fig 2 Litopenaeus schmitu**

Nombre común en CUBA: **Nombre común en CUBA:**

Camarón rosado. **Camarón blanco**

Farfantepenaeus notialis (camarón rosado) representa el 98% de la captura total

Litopenaeus schmitti (camarón blanco) representa el 2% captura total.

En Cuba existen dos especies de importancia comercial: el camarón rosado o acaramelado (farfantopenaeus) y el camarón blanco (Litopenaeus schmitti).

El primero es de más amplia distribución constituye más de 98% de las capturas nacionales. Se distribuye a través de las Antillas Mayores, desde Cuba hasta Isla Vírgenes y a lo largo de la costa americana desde el estado de quintana Roo (México), hasta Cabo Frió, en Brasil. Alcanza un tamaño menor que el camarón blanco y su tasa de crecimiento es más lenta, tiene hábitos nocturnos, su tasa de crecimiento es más lenta, por lo que se pesca, exclusivamente durante la noche. Las zonas de cría se encuentran en zonas costeras poco profunda (no en lagunas), con fondos fangosos o fango arenosos, donde abunda la llamada hierba de bajío .Prefiere aguas mas alejadas de la costa, por eso, ocupa un área mas extensa que la especie anterior.

El camarón rosado se encuentra, prácticamente en todo el Golfo de Guacanayabo y en el de Ana Maria, ambos en la plataforma sur oriental del país. El desove se produce entre Marzo y Mayo en la plataforma sur oriental del país, y el reclutamiento a la pesquería se produce desde Agosto a Diciembre. Existe un aislamiento genético entre las poblaciones del Golfo de Guacanayabo y el Golfo de Ana Maria, y una diferenciación entre estos y la población (geográficamente más alejadas) de la ensenada de la Broa.

El grupo de los camarones blancos que, usualmente, alcanza los mayores precios en el mercado, se caracteriza por que sus especies son mas activas durante el día (y pueden ser capturadas a estas horas), viven en agua mas costeras y soportan mejor las fluctuaciones de la salinidad ,son esencialmente carnívoros y se alimentan de micro vertebrados que viven en el sedimento del fondo, sobre todo de crustáceos pequeños, aunque también en sus estómagos se han encontrados detritus y microalga

Características del área distribución del camarón de forma general es de fondos arcillosos con bancos arenosos y cardúmenes y sedimentos areno-fangosos, con un área arrastrable aproximadamente de 6200km cuadrados y una profundidad media de 16 metros y máxima de 30metros

En Cuba hay varias empresas pesqueras industriales que se dedican a la pesca del camaron, distribuidas a lo largo del pais en diferentes zonas de pesca según organización adminsitrativa para las pesquerias en la plataforma cubana.

1.1- Redes de arrastre para la pesca del camarón.

El principio de su trabajo consiste en que estos implementos, de forma de un bolsón de red de construcción especial, son arrastrados por el mar y recogen todos los peces que se encuentran en el camino. Para una mejor abertura de la red se usan

tablas o puertas. Los peces no se enmallan sino que van a ser recogidos en un bolso final de la red por lo que es imprescindible que el arrastre de la red se haga a una velocidad que no dañe a la captura, generalmente se arrastra el arte entre 3 hasta 3.3 nudos de velocidad. Dependiendo de la profundidad a la que se usan estas redes se las denomina redes pelágicas o de fondo

En Cuba la Flota Camaronera usa el arrastre como sistema de pesca dos redes una a cada banda del barco. Tiene abertura vertical 2.5-3mts En la relinga superior de la red van colocados los flotadores y en la relinga inferior como peso una cadena colocada en forma de onda (3.2kg.), lo que impide al cuerpo de la red tocar el fondo. Para el buen funcionamiento de la red en el fondo, lleva dos portones (Puertas de arrastre de madera rectangular y plano), estos van conectados a la red por medio de unas patentes cortas (patas de gallos). Este arte de pesca opera generalmente entre (5 y 15 m) de profundidad y puede llegar hasta 50m de profundidad de acuerdo al hábitat del camarón y la longitud de cable en maquinilla de pesca.

1.2 –Selección de la red prototipo y tipo de barco.

Se seleccionó la red prototipo de construcción holandesa 240 mallas que utiliza los barcos a partir de criterios de explotación de estas redes en la zona de pesca.

Características de la red prototipo (ver anexo 1)

1.2.1. Características principal del Barco Camaronero Star -21M

El barco pesquero además de satisfacer los requerimientos de seguridad y navegabilidad que debe cumplir cualquier tipo de barco, debe de dar facilidades para el izado, selección, procesamiento y conservación de la captura. Se acostumbra clasificar a las embarcaciones de pesca de acuerdo ya sea al arte de pesca que utiliza, a la especie para la que está destinado a capturar, a la capacidad de las

bodegas para mantener la captura, etc. lo que hace que exista una amplia variedad de posibilidades.

Fig. 3 Por la construcción del casco



Barco tipo construcción de acero 23.9 Motor Modelo Cartepila 3412C DIT

448 Kw. 1800 rpm DM1903

Tabla No1 Características de identificación del barco

Eslora	23,9 m	Combustible	21 tons
Manga	6,2 m	Agua Potable	12 tons
Calado	2,3 m	Desplazamiento	196 tons
Velocidad	9,5 m/s	Autonomía	20 días

Posee Superestructura a proa, proa alta, mástil detrás de la superestructura y 2 tangones más altos que el mástil salen a las bandas. Obra muerta alta. Superestructura de color blanco con una banda pintada de azul en el borde superior. De nueva construcción en los astilleros DAMEX de Santiago de Cuba.Proyecto Holandés.

12.2 Datos técnicos del motor.3412C-DIT 448(600)Kw@ 1800rpm DM1903

SI METRIC

Tabla No2- Potencia contra velocidad 448kw SI METRIC

n	Ne	BSFC	Fuel Rate	
rpm	kW	g/kW.h	l/h	
1800	447.5	224.0	119.5	
1700	377.0	223.0	100.4	
1600	314.3	223.0	83.4	
1500	259.0	223.0	69.0	
1400	210.6	223.0	57.4	
1300	168.6	223.0	47.5	

Tabla No3- Potencia contra velocidad 600hp. English

n	Hp-h	BSFC Lb/	Fuel Rate	
rpm	kW	Hp-h	gph	
1800	600	368	31.6	
1700	506	367	26.5	
1600	421	367	22.0.	
1500	347	367	18.2	
1400	282	376	15.2	
1300	226	388	12.5	

Donde:

n-revoluciones

Ne- Potencia eléctrica.

BSFC- g/Kwh.-consumo específico de combustible.

BFUERATE-Kg/h-consumo efectivo de combustible

Por diagrama podemos ver las curvas que nos representa la relación entre la potencia y revoluciones pudiéndose observar el consumo de combustible del barco

La potencia Ne=447.5kw y las revoluciones n=1800 rpm , el consumo especifico es de 224 g/kw.h y un índice de consumo 119.5 l/h.

Consumo específico g/kwh es volumen del combustible consumido por hora y por KW de Potencia entregada donde:

1g/kwh=0.735g/PSh 1g/PSh =1.36G/Kwh.

Consumo de combustible es el volumen de combustible en una hora para obtener el consumo kq se multiplica por la densidad lt/h-m/h.

1.2.3- Determinación de la potencia requerida en régimen de arrastre.

Como determinadas constituye las características de potencia de arrastre del buque y los parámetros de arrastre de las maquinillas.

En caso general mediante alguna velocidad de arrastre la relación de la resistencia de arrastre de la red, tiene la siguiente condición:

$$RT=k.PP=k\ (Pe - Rk), \qquad (1)$$

Donde:

RT- resistencia de la red de arrastre;

PP - potencia de arrastre disponible del buque;

Pe - máxima potencia de arrastre del buque;

Rk - resistencia del cuerpo del buque;

k- coeficiente de utilización de la potencia de arrastre en el remolque de la red de arrastre

($k \leq 1$).

En pocas palabras por potencia de arrastre disponible PP dondequiera se sobre entiende por su magnitud por el coeficiente k, es decir, es aquella parte de la potencia de arrastre disponible, la cual verdaderamente suponemos se utiliza en el remolque de la red de arrastre.

En dependencia de Pe en función de la velocidad, calculamos la potencia total de arrastre del barco, por diagrama de certificado técnico. Significa que la potencia total de arrastre y la resistencia del buque, mediante diferentes velocidades de movimiento para ciertos buques arrastreros se pueden ver en los gráficos de potencia del motor principal. Para buques pesqueros, que no tengamos el certificado técnico de la potencia de arrastre, podemos utilizar el método aproximado de la relación directa en dependencia de la velocidad

La Potencia de remolque se puede calcular por la formula empírica obtenida en experimento, con bastante exactitud se puede obtener:

Potencia de arrastre para este tipo de embarcación camaronera. Motor 3412 C DIT-A-Rating, 448kw(600hp)@1800 rpm DM1903-00

$$P_a = 1.1\left(\frac{Pe}{V}\right) = \text{kilo newton} = \frac{600\ Hp}{9.5\ \text{nudos}}\ 69470\ \text{Newton} \qquad (2)$$

Pa = 69,47 KN Máxima potencia del barco en marcha libre.

= 69.47/3.81=18.23 ton

N=600 Hp

V- 9.5 Nudos

Velocidad de arrastre recomendada para este tipo de barco para pescar Camarón de (3,2 nudos) 1.64m/s.

Actualmente este tipo de barco para arrastrar la red holandesa 240 mallas utiliza una potencia entre (602 hp) 1500 rpm - (606hp) 1600 rpm y estamos recomendando construir una red para trabajar con una potencia (467hp) 1300rpm y (593hp) - 1400rpm y que inclusive con una velocidad en contra de la corriente no pasara 1450 rpm.

Estas embarcaciones pesqueras están diseñadas para pescar a distancia media del litoral, con un motor para trabajar al 80 porciento de factor de carga entre 3000-5000 horas anuales y al 100 porciento entre 5000-8000 h/anuales.

Tabla No 4

Clasificación	Tiempo de carga	Rpm reducciones	RPM
A	81-100 %	1800, 1300,1250, 1200	Reducciones veloc.crucero
B	51-80 %	1800, 1350,1200	1700, 1300,1150 Marcha libre

3.- Calculo Matemático de la Resistencia Total de la Red.

En un sistema de una red influyen los siguientes % de resistencia al remolque que son necesario conocer para poder reducir y optimizar el mismo:

Cable de arrastre: 5% hasta un máximo de 8%

Malleta: 4% hasta un máximo de 12 %

Puerta de arrastre: 20 %hasta un máximo 35 %

Flotadores: 3% hasta7%

Es importante conocer en la práctica en cuantos estos % influyen (ángulo de trabajo de las puertas, cantidad de cable calado, longitud de las redes, profundidad de la

pesca, situación del mar, velocidad de arrastre, rpm del motor) para poder determinar el % de carga del motor.

La resistencia total de la red (Rr) se puede calcular teóricamente o por la curva de potencia del Motor (pasaporte del barco en el arrastre).

Hay dos principios básicos para determinar las principales características técnicas de una red durante su proyección:

-Determinar los principales parámetros de trabajo a través de cálculo teórico para un determinado motor de barco.

-Elegir una red proyectada para una determinada potencia del motor y velocidad de arrastre según la curva de desempeño.

La curva desempeño del motor nos informa la potencia de salida generada por el motor, el consumo de combustible y ritmo de consumo de la temperatura de los gases de escape, las eficiencias y la presione media efectiva. Estas se establecen sobre la base de los distintos puntos determinados al 25, 75,100, 110 ,120 de tiempo cargas aplicada al motor y revoluciones por lo que podemos evaluar y comparar las condiciones reales de funcionamiento de un motor en marcha libre y en arrastre.

La resistencia de una red es igual a calcular teóricamente:

Rr = R paños+ R puertas+ R aparejos+R cables arrastre

$$R_T = R_{SP} + 2R_{CM} + 2R_P + R_{CA} \quad (3)$$

donde:

R_T – Resistencia total de la red

R_{SP} – Resistencia de la superficie total de los paños

R_{CM} – Resistencia de los cables de malletas

R_P – Resistencia de las puertas de arrastre

R_B – Resistencia de los cables de arrastre

$R_{SP} = C_X(\rho V^2) F_{HT}$

El Coeficiente C_X se determina por el número de Reinolds

$$Re^d = d^m \frac{V}{\nu} \quad (4)$$

$$d_{cp} = \frac{\Sigma\, dl}{\Sigma l} \quad (5)$$

$$d_m = \frac{\Sigma\, dl \cdot F_h}{\Sigma F} \quad (6)$$

$$F_h = \frac{d}{A} \cdot F_{fi} = [F_{fi} \frac{(a+b)}{2} \cdot h] \cdot \frac{d}{a} \cdot n \quad (7)$$

$$P_a = 1{,}1 \frac{(N)}{V} \quad (8)$$

Donde:
P_a _ Potencia de arrastre del barco
N _ Potencia (HP)
V _ Velocidad del barco en nudos-1.64m/s (3.2 nudos)
C_x– Coeficiente hidrodinámico de los paños – 0,1744 + 187. 52/ Re^d
º C_x – 0118 se puede utilizar cuando los paso de mallas son pequeños.
ρ – Densidad del agua – 1038 kg/m^2
V – Velocidad de movimiento de la red – 2,31 m/s
μ _ Viscosidad del agua – 87 x 10^{-9} m^2/s
t _ Temperatura del agua – 30 ^{0}C
_ Salinidad del agua - 30 %
Fht- Superficie de resistencia de paños

3.1- Calculo de la resistencia de los paños de la red prototipo de construcción holandesa

3.1.1- Aleta Superior y Inferior de la red. Calculo de la superficie de resistencia de los paños de las aletas de la red.

-Aleta superior. Piezas

d_m = 1.16 mm malla a = 25mm

$$F_h = \frac{d}{A} \cdot F_{fi} = [F_{fi} \frac{(a+b)}{2} \cdot h] \cdot \frac{d}{a} \cdot n$$

Pieza I (a). Aleta

Ffi = 5.67 F_{H1} = 1.05

Pieza I (b). Aleta

Ffi = 4.29 F_{H2} = 0.79
Total de superficies de Aletas superior y inferior.

$F_{HT} = F_{H1} + F_{H2}$

F_{HT} = 1.05 + 0.79

F_{HT} =1.84 m

3.1.2- Placa Superior de la red. Calculo de la superficie de resitencia de los paños de la placa superior la red.
d_m = 1.16 mm malla a = 25mm
F_{H3} = 2.93 m

3.1.3- Placa Inferior de la red. Calculo de la superficie de resitencia de los paños de la placa inferior de la red.
d_m = 1.16 mm malla a = 25mm
F_{H4} = 2.79 m

3.1.4- Placa Laterales de la red. Calculo de la superficie de resitencia de los paños de la placas laterales de la red.
d_m = 1.16 mm malla a = 25mm
F_{H5} **=** (a.b)h .2

F_{H5} = 7.9m

3.1.5 -Copo. . Calculo de la superficie de resitencia de los paños de la placas del copo de la red.
d_m = 1.60 mm malla a = 24mm hilo 210/72

F_{H6} **=** (a.b)h .2

F_{H6} = 23.16

3.1.6-Calculo de la Resistencia de la superficie total de la red prototipo.

$R_t = C_x (\rho \ V^2/2) F_h$

R_t = 0,118(1038. 2,68/2)38,19

R_t = 6268.06 N = 6.2 KN
R_t =6,2.2=12,4 KN (resistencia de dos redes)

3.1.7- Resistencia de los cables

$R_c = C_x .(\rho \ V^2/2) d. L$

l = 200 m maxima longitud de cable en tambora
d = 14 mm
C_x = 0,32
R_c = si son 2 cables, la resultante es

R_t = 0.32 (1038. 2.68/2)0.014.200

R_t = 1246,26 = 1,2 KN

R_c = si son 2 cables, la resultante es

R_{ct} = 1,2. 2 = 2,4 KN

3.1.8- Resistencia de las puertas de arrastre

$R_p = C_x \cdot (\rho V^2/2) S$

S= 2.0 m^2
C_x = 0, 5
R_p =6,9 kN, si son 2 puertas de arrastre, la resultante es

R_{pt} = 0.5 (1038. 2.68/2)2.0

R_{pt} = 1390.92 .2 **= 2781,84 N = 2.7 KN**

C_x: se obtuvo por el ángulo óptimo de la puerta de arrastre durante su explotación en el pesquero.

3.1.9- Resistencia de los flotadores.

En la pesca del camarón en la relinga superior no se utiliza flotadores, por que no es necesario una abertura vertical muy grande.

3.1.10. Resistencia total de la red.

Retomando la fórmula principal, $R_{TP} = R_{SP} + 2R_{CM} + 2R_P + R_{B,}$ obtenemos que:

R_{TP} = 6268.06 + 1246.26 + 1390.9

R_{TP} **=8905,22.2=17810.44 N=17,8KN**

4. Calculo matemático de la resistencia de la red experimental de construcción cubana.

4.2.1-Aleta Superior y Inferior de la red. Calculo de la superficie de resistencia de los paños de las aletas de la red.

-Aleta superior. Piezas

d_m = 1.16 mm malla 26mm Tipo de hilo 210/36

$F_h = \frac{d}{A} \cdot F_{fi} = [F_{fi} \frac{(a+b)}{2} \cdot h] \cdot \frac{d}{a} \cdot n$

Pieza I (a). Aleta

Ffi = 6.52 F_{H1} = 0.58

Pieza I (b) . Aleta

Ffi = 5.31 F_{H2} = 0.41

Total de superficies de Aletas superior

$F_{HT} = F_{H1} + F_{H2}$

F_{HT} = 0.58 + 0.45

F_{HT} =1.03

-Aleta inferior. Piezas

d_m = 1.16 mm malla 26mm Tipo de hilo 210/36

Pieza I (a) . Aleta

Ffi = 6.52 F_{H3} = 0.58

Pieza I (b) . Aleta

Ffi = 4.87 F_{H4} = 0.42

Pieza I (c). Aleta

Ffi = 4.63 F_{H5} = 0.40

Total de superficie de Aletas Inferior

$F_{HT} = F_{H3} + F_{H4} + F_{H5}$

F_{HT} = 0.58 + 0.42 + 0.40

F_{HT2} =1.45

Suma de superficie real de las aletas superior y inferior

$F_{HT} = F_{HT1} + F_{HT2}$

F_{HT} =1.03 + 1.45

F_{HT} =2.48

4.2.2 -Placa superior. Calculo de la superficie de resistencia de los paños de la placa superior.

d_m = 1.16 mm malla 26mm Tipo de hilo 210/36

-Placa superior . Piezas.

Pieza II (a)

Ffi = 12.22 F_{H1} = 0.53

Pieza II (b)

Ffi = 66.01 F_{H2} = 2.90

-Placa inferior . Piezas

Pieza II (b)

Ffi = 59,67 F_{H3} = 2.60

Suma de las superficie de las placas superior y inferior.

$\mathbf{F_{HT} = F_{H1} + F_{H2} + F_{H3}}$

F_{HT} = 0.53 + 2.90 + 2.60

F_{HT} = 6.03

4.2.3-Antecopo y Copo de la red. Calculo de la superficie de resistencia de los paños de las placas del antecopo.

-Placas del Antecopo.

d_m = 1.60 mm malla 26mm Tipo de hilo 210/36

Ffi = 2.98 F_{H1} = 0.26

-Placas del Copo.

d_m = 1.60 malla 24mm Tipo de hilo 210/72

Ffi = 60.49 F_{H2} = 7.98

$F_{HT} = F_{H1} + F_{H2}$

F_{HT} = 0.26 + 7.98

F_{HT} = 8.24

Superficie total de los paños:

Ffi_{TOTAL} = 229.22

F_{HTOTAL} = 16.71

4.2.3-Calculo de la resistencia de la superficie total de la red experimental.

$R_t = C_x$ ($V^2/2$) F_h

R_t = 0,118(1038.2,68/2)13.81

R_t = 2266,61.2=4533,22

La resistencia total de la red experimental

Rt= 4.5 KN

2.1.5-Resistencia de los cables

$R_c = C_x$.(ρ $V^2/2$) d. L

R_t = 0,32(1038.2,68/2)0,014.200

l = 200 m
d = 14 mm
C_x = 0,32
R_c =si son 2 cables, la resultante es

R_{ct} =1246,2 .2 =2492,4 = 2.4 KN

4.2.5-Resistencia de las puertas de arrastre.

$R_p = C_x \cdot$ (ρ $V^2/2$) S
S= 2 m^2
C_x = 0, 5

R_t = 0,5(1038.2,68/2)2

R_p =, si son 2 puertas de arrastre.

R_t =1390,9 .2 = 2781.84 N

R_t =2.7 KN

4.2.6 Resistencia de los flotadores

No se utilizan bollas en la relinga superior

Retomando la fórmula principal, $R_{TP} = R_{SP} + 2R_{CM} + 2R_P + R_{B,}$ obtenemos que:

R_{TP} =2266,61 +1246,26+1390.9=4903,77

R_{TP} =4903,77.2=9807,58=9.8 KN

5. Análisis constructivo de la redes. Comprobación matemática del índice de calidad de la red.

5.1-Zona de acción de la boca de la red(m)

W = L.H.V.t;

donde: L = ½ lbn – Abertura horizontal convencional (9)

H = 0,67 lpn – Abertura vertical convencional (10)

Va= 1,5 m/s hasta 2,5 m/s

Los experimentos han demostrado que la mejor forma geométrica que toma la red durante su trabajo es cuando las relingas toman las siguientes coeficiente de asentamiento & (0, 4 – 0,6),

Si tomamos como:

- coeficiente & = 0,6 para la relinga superior ,
- coeficiente & = 0,4 para la relinga inferior
- velocidad V = 1.64 m/s (3.2 nudos)
- tiempo t = 1 seg

Tabla No5

Parámetro	**Prototipo**	**Experimental**
Largo de relinga superior asentada (m)	0,79 x 17.21= 13.59	0,70 x 17.21 = 12,.0
Abertura vertical(m)	0.4 x1.13.59+5 = 7.4	0.4 x12,0 =4.8
Zona de acción de la boca de la red (m^3)	13.59x1.64x7.4=164,9	12,0x1.64x4.8=94.4

5.1.1-Resistencia de los paños de la Red

$$Rtp = \frac{Cx\ SV}{2}\ Fh$$

Tabla de relación empírica entre Cx y la Velocidad

Tabla No 6

Cx	Velocidad(m/s)
0,3	**0,8**
0,22	**1,3**
0,17	**1,6**
0,17	**2,3**
0,15	**2,8**

Donde:

Cx: Coeficiente de resistencia del paño de los paños de red

: Densidad del agua (kg/m^3)

V: Velocidad de arrastre

Fh: Superficie de resistencia

Si tomamos V = 1.64 m/s, según la tabla Cx = 0,17 y una temperatura de 30 grados le corresponde por tabla Densidad es 1038 Kg./m

Sustituyendo en la ecuación fundamental para la **red prototipo**, tenemos:

Rtp = 0,17(.1038.2, 68) 38,19 =9030,26 H =**9,0 Kn**

2

Sustituyendo en la ecuación fundamental para la **red experimental**, tenemos:

Rtp = 0,17.1038.2, 68).13, 80 =3263,47 H = **3,2 Kn**

2

También se puede calcular por el coeficiente empírico obtenido en pruebas en canales hidrodinámicos calculado para los para los paños paso de malla pequeños se puede tomar Cx = 0.118 coeficiente que tomamos para los cálculos de la red.

5.1.2-Resistencia de los paños de al red prototipo

Rtp = 0,118(.1038.2, 68) 38.19 =6268.06 H = **6.2 Kn**

2

9.0-6.2=3 Kn La diferencia es por la utilización de diferentes coeficiente a tener en cuenta en la curva de potencia en el arrastre.

Resistencia de los paños de al red experimental

Rtp = 0,118(.1038.2, 68) 13.,80 =2266.61 H = **2.2 Kn**

2

5.1.3-Cálculo del coeficiente superficie específica de los hilos de la red (Ksh)

Teniendo como fórmula principal: Ksh= __S__, (11)
W

donde:

S: superficie especifica de los hilos Sh=Fh (12)

Calculamos para el prototipo y la experimental

Kp = Sp = 38,19 = 0,23
W 164.9

Ke = Se = 13.71 = 0,14
W 69,73 94.4

5.1.3-Cálculo del coeficiente de superficie específica de resistencia total de la red (Kra)

Kp = Rtp =6268.06 = 38.01 H (13)
W 164.9

Ke = Rte =2264.97 =23.99 H (14)
W 94.4

5.1.4-Cálculo del coeficiente de conicidad de la red

Teniendo como fórmula principal: Kc= __S__, (15)
W

Donde:

Kc = tan = Cn-Ck
2∏l

Donde:
Cn: perímetro de la boca de la red (m)
Ck: perímetro de la parte final de los paños (m)
L: longitud de la boca hasta el final de los paños (m)
∏ : 3,14

Sustituyendo en la fórmula

$$Kcp = \frac{29 - 9.2}{2.3,\ 14.14,\ 42} = 0.218$$

$$Kce = \frac{24.23 - 5.66}{2.3,\ 14.13,\ 98} = 0.211$$

5.1.5-Cálculo del coeficiente dimensional de la superficie de la red

$$Kd = \frac{Ff}{Fy} \qquad (16)$$

Donde:

Ff: Superficie ficticia
Fy: Superficie real

Sustituyendo en la fórmula

$$Kdp = \frac{657,54}{38,19} = 17.02 \qquad Kde = \frac{162,96}{13,80} = 11.80$$

5.1.6-Cálculo del índice de calidad de la construcción de la red

$$\mathbf{Qi = \frac{Wp}{We}\ 0,39 + \frac{K}{K}\ 0,17 + \frac{K}{K}\ 0,1 + \frac{K}{K}\ 0,17} \qquad (17)$$

Sustituyendo en la fórmula:

$$Qi = \frac{164.9}{94.4}\ 0,39 + \frac{0,23}{0,14}.\ 0,17 + \frac{0,218}{0,211}.\ 017 + \frac{8905,22}{4903.77}\ .0,\ 17 = 1,075$$

Qi = 0,68+ 0,27 + 0.17 + 0.30 = 1.42

Si el índice de calidad es mayor que cero la red experimental tiene mayor calidad constructiva que la red prototipo, como resultado del análisis constructivo el análisis del índice de calidad obtenido es 1.42, que es mayor que 1, pudiendo pasar a la etapa de confección de la red modelo experimental para ser probada en zona de pesca.

6. Metodología para analizar el desempeño de los motores.

6.1 Que tiene como objetivo:
Definir las características técnicas de las redes que utilizan los barcos camaroneros de construcción holandesas durante el arrastre y la influencia de los parámetros en el motor en condiciones reales del mar. Evaluar los gastos de combustible durante el arrastre.
6.2-Características técnicas del barco.
6.3-Características principales del motor principal, que deben medirse durante la prueba si se desconoce. Curva de potencia y de gastos de combustible
6.4-Características técnicas de las redes, donde debe incluirse el armamento que utilizan.
6.5-Características de la región de pesca donde se realiza la prueba técnica.
6.6-Principales parámetros que deben medirse durante el arrastre.
6.7- Calculo del consumo de combustible durante el arrastre. Método de Medición del consumo de combustible en el Tanque de Combustible de consumo diario.
Gt -Consumo de petróleo

$$Gt = \frac{Vt}{T} \gamma \ 3600 = Gt=kg/h \qquad (16)$$

γ- densidad del petróleo kg/m3

Vt- volumen del tanque g/cm3.

V- Velocidad del cálculo de ataque del agua al propulsor

T- tiempo que se medio el gasto de combustible

Si no tenemos el volumen del tanque se puede calcular por formula.

6.8-.Se puede hacer un analice matemático de los diferentes consumos .Analice de los consumos combustibles durante la prueba en marcha libre.

<u>Consumo de combustible específico</u>.

$$t = \frac{(Vx60x60)/}{(TxPs) \text{ x densidad relativa f: (g/Pshr)}} \qquad (17)$$

V-Volumen de combustible consumido (medido) en un lapso de tiempo t (Vc)

Ps- potencia desarrollada por el motor (Ps o CV)

t-lapso de tiempo durante en que se efectúa la medición (s)

Densidad relativa Diesel Pesado =0.85, Diesel ligero = 0.83, Aceite lubricantes 0.9

Consumo de combustible efectivo

F= (fxPs)/ (Kg./hr)
1000

(18)

t-consumo específico (g/Psxh)

Determinación del consumo volumétrico (lt/hr) en función del consumo horario (Kg/hr)

Consumo de Combustible en Volumen (lt/hr)

Consumo de combustible en volumen = Consumo de combustible/
Densidad relativa del Combustible. (19)

6.9- Informe final de la prueba realizada.

7. Procedimiento operacional de trabajo.

7.1. Propósitos/Alcance
Evaluar el consumo de combustible de las embarcaciones en condiciones reales de trabajo del motor, así como definir los lineamientos principales para realizar las pruebas reales del consumo de combustible de los motores durante el funcionamiento del motor en travesía hacia a zona de pesca, regreso a puerto y durante el arrastre de la red en zona de pesca garantizando el correcto funcionamiento del barco.
7.2. Responsabilidad
7.3. Condiciones de Seguridad e higiene
7.4. Equipos y Materiales Auxiliares
7.5. Alcance
7.6. Desarrollo del procedimiento.
7.7 Informe final

Tabla No 7 Diario de acaecimientos

Día	Horas trabajadas Maquina	Presión de aceite Kg./ Cm2	Temperatura oC		Horas trabajadas Planta	Consumo litros	
			Aceite	Agua		Combut.	Lubric.

.

Tabla No 8 Prueba Técnica de mar

Fecha	Lances	Posición	Hora	Tiempo arrastre Horas	Profundidad/ Cable calado	Captura	Índice L /h

Observaciones :
Posición/latitud y longitud-en grados
: Hora/ inicio y final –total
: RPM en cada lance

Tabla No 9 Modelo de control interno

Barco	Exit. Inicial	Consumo Motor	Consumo Planta	Total Final	Exist. Final	Captura Kg.	Índice L/Kg.	Índice L / h

Observaciones. Los consumos promedio al año de combustible y aceite al año deben anotarse en el libro de acaecimientos y en modelo de prueba reflejándose el ultimo mantenimiento o reparación, un aumento en el índice de consumo no permite saber por la hora maquina cuando le corresponde una reparación al motor.

8. Prueba Técnica de Mar

8.1-Explotación de la red de fondo a bordo de los barcos.

Técnica estadística

Se controla la calidad en el taller, así como se verifica la eficiencia en el proceso de construcción de la red de arrastre.

El método gráfico de tajado, permite el control y verificación de la calidad en la producción de las artes de pescas y otras producciones a fines, por lo que hemos escogido este método para llevar a la práctica la siguiente etapa de este proyecto.

Descripción
Aplicación del gráfico de tajado de registro. La construcción de este gráfico se encuentra descrita en el procedimiento TAP-P-06. Inspección y ensayo en el formato F-TA-01/P-06 registro de inversiones.

8.1.2-Responsable de calidad:

- Controla los errores más frecuentes y por operarios.
- Controla las operaciones que detectan mayor número de errores.
- Operarios que incurren en mayor número de errores.

Después de construido la nueva red a partir de las modificaciones surgidas durante la construcción.

8.1.3-Ejecución de la prueba de mar

Terminada la producción de un nuevo diseño o una modificación a diseños anteriores se procede a realizar la prueba técnica, a través de los siguientes pasos:

- Comprobación de la calidad de la prueba del arte, sus principales medidas con la documentación técnica durante la etapa de preparación.
- Se realiza uno o dos lances de prueba con el objetivo, de comprobar el montaje de el arte (diferentes variantes y escoger la más adecuada al tipo de pesquería en la zona de pesca)
- Se ejecuta la red y se comienza los lances comparativos y se determinan los siguientes parámetros (los lances comparativos no menos de 50, alternándose horario y frecuencia de lances)

  Parámetros técnicos:
  1. Velocidad de arrastre.
  2. Abertura vertical.
  3. Abertura horizontal.
  4. Fecha de los lances.
  5. Hora de inicio y terminación de los lances.
  6. Profundidad de la red.
  7. Cantidad de cable calado.
  8. Captura.
  9. Averías principales.
  10. Consumo de combustible por arrastre de ambas redes.

- El valor de la captura se realiza comparando los resultados de la red experimental con la red prototipo.

- Los resultados de información recopilada son anotadas en el formato FTA-01/P-14 resultado de la prueba.

8.1.3- Análisis de la hipótesis y toma de decisiones.

- El análisis estadístico del resultado de la prueba se realiza:
  1. Planteo de la hipótesis.
     Ho: M exp M prot.
     Hi: M exp M prot.

1. Si la esperanza de captura de la red experimental (M exp.) es mayor o igual que la esperanza de captura de la red prototipo (M prot.) se acepta la primera como buena.

2. Se toma criterio representativo de efectividad, la captura por horas de arrastre (Pi) para la red prototipo y para la red experimental.

$$Pi = \frac{bi}{ti}$$

Donde (bi) es captura en el lance y (ti) tiempo de duración del lance.

3. Después se determina la captura promedio por hora de arrastre para ambas variantes.

$$P = \frac{Pi}{N}$$

Donde (Pi) captura por lances y (N) números de lances para ambas variantes.

4. Después se determina la diferencia entre los promedios de captura (P prot.- P exp.)

5. Se determina la desviación estándar de la captura promedio para ambas variantes (S1 –S2)

$$S = \frac{E (Pi - P)}{n-1}$$

(S1) desviación estándar de la red prototipo.
(S2) desviación estándar de la red experimental.

6. Se determina el error de desviación representativa.

$$S\ dif = \frac{S\ 1}{N\ prot.} + \frac{S\ 2}{N\ exp.}$$

7. A través de esta relación matemática se establece la condición para determinar si una red es más efectiva que la otra.

$$Z = \frac{P\ exp. - P\ prot.}{S\ dif.}\ tg$$

Este parámetro se obtiene de la tabla
t- student (anexo) tomado com:
- Se toma un nivel de confianza del 95 % generalmente.
- Cuando la red experimental es más efectiva.
- Si la diferencia también P prot. – P exp. es 20 la red experimental es mejor.
- Si las condiciones son igual entre variantes se concluye que la red prototipo tiene el mismo potencial de captura que la red experimental y no ha significado mejoría, desechándose y se busca una nueva alternativa.

Informe final
- Tipo de barco.
- Zona donde se realizo.
- Nombre de quien lo realizo.
- Tabla resumen (formato F-TA-02/P-14)
- Captura por lance.
- Tiempo de arrastre en horas.
- Captura por horas de arrastre (Pi=Bi/Ti)
- Diferencia entre captura por lance elevado al cuadrado (P1-P)
- Desarrollo del análisis.
- Planteo del análisis y descripción del análisis.
- Conclusiones.
- Recomendaciones.
- Anexos, tablas y datos.
- División de formatos F-TA-01/P-14. Resultado de la prueba.
- Números de lances.
- Posición del barco, latitud y longitud.
- Fecha, día y mes del lance.
- Hora/ Hora de inicio y terminación del lance.
- Tiempo de arrastre/ diferencia entre la hora de terminación y de inicio del arrastre (hora)
- Profundidad/ Cantidad de cable calado.
- Captura/ cantidad de pesca capturada (toneladas)
- Averías (roturas de cabos y relingas)
- Total Consumo del motor principal del barco (kg) en arrastre
- Consumo de la planta del barco (kg) en arrastre.

- Rumbo del barco. Especificar si es a favor o en contra de la corriente.

OBSERVACIONES. Las mediciones de consumo de combustible durante el arrastre se comienzan después de estar firme los cables calados de la maquinilla. Se mide en combustible en el tanque con el aforo de la vara de combustible si no hay equipo de medición, al inicio y final del arraste. Si se mide antes de comenzar la maniobra de calar los cables de arraste al que explicarlo en el informe, tomando siempre la hora de inicio y final de cada tipo de maniobra (calada-arrastre-elevada)) especificando el rumbo a favor o en contra de la corriente, cantidad de cable calado, modelo de la puerta (ángulo de ataque), profundidad de la red desde la relinga superior. Por el volumen del tanque se puede saber cuando combustible hay antes de comenzar las pruebas con la red, recomendándose definir el consumo del motor durante la travesía hacia el pesquero. La prueba no será valida si no se tiene presente las rpm del motor y la medición de la velocidad en cada arraste.

Muestra

Tabla No 10

No	Posición		Fecha	Hora arraste		de				
	Latitud	Longitud		Inicio	Terminación	Tiempo arrastre	Profundidad	Cable calado	Captura	Observaciones

Resumen para parámetros tomados

Tabla No 11

Lance	Captura/Lance bi	Tiempo de arrastre ti	Captura (Hr –arrastre) Pi = bi/ti	Pi - P	(Pi- P)

Tabla de la distribución t-student

Lances	**0,20**	**0,60**	**0,80**	**0,90**	**0,95**	**0,98**	**0,99**	**0,999**
Gl	0,80	0,40	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01	0,001
1					12,706			
2					4,303			
3					3,182			
4					2,766			
5					2,571			
6					2,447			
7					2,365			
8					2,305			
9					2,602			
10					2,228			
11					2,201			
12					2,179			
13					2,160			
14					2,145			
15					2,131			
16					2,120			
17					2,110			
18					2,101			
19					2,093			
20					2,086			
21					2,080			
22					2,074			
23					2,069			
24					2,064			
25					2,060			
26					2,056			
27					2,052			
28					2,048			
29					2,045			
30					2,042			
40					2.021			
60					2,000			
120					1,980			
Inf.					1,960			

Este trabajo reviste gran importancia para el Ministerio de la Pesquera pues nos permitirá evaluar los gastos de combustible a partir de esta metodología aplicando el procedimiento operacional de trabajo que se propone en este trabajo.

Los cálculos obtenidos arrojan los siguientes resultados:

- La red cubana proyectada tiene mejor índice de calidad constructiva que la red prototipo holandesa sobre la base de las características hidrodinámica.
- Se obtuvo una menor resistencia de la red al arrastre, como consecuencia de eliminación de las placas laterales de la red proyectada, lo que permitirá una menor resistencia en arrastre y por tanto menos consumo de combustible durante su explotación, que será argumentada a través de la prueba de explotación en el mar.
- En la práctica en régimen de explotación es mejor poner una red de menos dimensión longitudinal y menor cantidad de placas, que influyen en el tiempo de su construcción y reparación. Red menos costosa en su construcción (precio por peso de material en USD),
- Red mucho más fuerte, que permite trabajar en variante de fondos, con menos gasto de material en su reparación.
- En la prueba de mar debe comprobarse la disminución del gasto de combustible.

Los resultados de los cálculos confirman la obtención de las exigencias expuestas

Recomendaciones:

- Pasar a construir la red experimental para realizar las pruebas en el mar.
- Evaluar los gastos de combustible durante las pruebas en el mar en marcha libre y en arrastre.

Bibliografía:

Fridman, A.L., Teoría y Construcción de Artes de Pesca

Kuznezov, Y. A., Biotécnica en Pesca Industrial

Lamakina, V. A., Tecnología y Construcción de artes de Pesca

Pesca al Día, Cuba, 988

FICHA TÉCNICA DE LAS REDES

ANEXO 1 - Tabla 12

PARÁMETROS	**PROTOTIPO**	**EXPERIMENTAL**	**OBSERVACIONES**
Longitud de la relinga superior(m)	17.21(0.79)	17.21(0.70)-	Coef. asentamiento
Longitud de la relinga inferior (m)	20.17 (0.82)-17.15	20.17(0.71)14.87	Coef. asentamiento
Perímetro de la red (m)	580mallas.0.5-29m	466mallas.0.5-24.23m	
Longitud de la aleta superior (m)	4.92	4.0	
Longitud de la aleta inferior (m)	6.83	5.35	
Longitud de la placa inferior (m)	8.25	8.63	
Longitud de la placa superior(m)	9.5	8.63	
Abertura vertical (m)			
Abertura horizontal (m)	20.17(0.5)10.0	20.17(0.5)10.0	
Superficie de la boca de la red (Fy)			
Abertura horizontal, según coeficiente de entralle de la relinga	13.59	12.04	
Longitud del copo	6.0	6.0	
Longitud total de la red sin el copo (m)	14.42	13.98	
Longitud total de la red (m)	20.42	19.47	
Resistencia total de la red (kN)			
Resistencia total de la red (ton)			
Velocidad de arrastre	3,2 nudos (1.64 m/s)	3,2 nudos (1.64 m/s)	

ANEXO 2 –Tabla 13

COMPARATIVA ENTRE AMBAS REDES

	RED PROTOTIPO					**RED EXPERIMENTAL**				
DENOMINACIÓN placas	# HILO	a (mm)	d (mm)	Ffi	Fh	# HILO	a(mm)	d(mm)	Ffi	Fh
Pieza I (a)Aleta sup.	210/36	25	1.16	5.67	1.05	210/36	26	1.16	11.83	1.05
Pieza I (b) Aleta inf. .	210/36	25	1.16	4.29	0.79	210/36	26	1.16	16.02	1.40
Pieza II Placa sup.	210/36	25	1.16	63.88	2.93	210/36	26	1.16	12.22	0.53
Pieza IV Placa inf.	210/36	25	1.16	60..84	2.79	210/36	26	1.16	59.67	2.6
Pieza V Laterales	210/36	25	1.16	171.86	7.9	210/36	26	1.16		
Subtotal sin copo				**306.54**	**15.46**				99.74	5.58
Pieza VI Copo	210/72	24	1.60	351	23.16	210/36	24	1.60	63.22	8.22
Total de la Red				**657.54**	**38.19**				**162.96**	**13.80**
Resistencia de los paños de una red	6268,06 N = 6,2 KN = 1.6 TON					2266.61N = 2,2 KN = 0.57 ton				
Resistencia de los paños para 2 redes	12536,4 N =12,53 KN= 3,28 ton					4533.22 N = 4,53 KN = 1,18 ton				
Resistencia de los cables	1246,26 .2 =2492.52 N=2,49 KN =0.65 ton					1246,26 .2 =2492.52 N=2,49 KN =0.65 ton				
Resistencia de las Puertas	1390,9 .2 =2781,80 N = 2,78 = 0,72 KN					1390,9 .2 =2781,80 N = 2,78 = 0,72 KN				
Resistencia total de 2 Redes	4.67 ton					2.57 ton				

IPIN CUBA
COPINAVAL 2009

Titulo del trabajo:

Sistema Integral de Gestión de la Producción en los Astilleros Astisur en Cienfuegos, Cuba.

Datos de los Autores:

Nombres y Apellidos:	**Jorge Carrera González**	**Wilfredo García Varela**
Entidad:	**Astilleros Astisur**	**Astilleros Astisur**
Profesión:	**Ingeniero Industrial**	**Licenciado en Matemática**
Teléfono:	**519735**	**519735**
Correo Electrónico:	**jcarrera@astisur.telemar.cu**	**wilfredogarcia@astisur.telemar.cu**
Dirección Postal:	**Ave. 30 Edificio 5 entre 47 y 49 Cienfuegos,Cuba**	**Ave 44 No. entre 37 y 39 Cienfuegos, Cuba**

Resumen:

Paquete de programas de computación que facilita el proceso de gestión de la producción, en los Astilleros Astisur, de manera integral, brindando información ágil y precisa, "a la medida de la empresa", disponible para todos en tiempo real, donde las técnicas informáticas son usadas para servir al cliente, mejorando la eficiencia y la eficacia de la empresa. Mediante su aplicación es posible planificar los gastos de mano de obra y materiales necesarios para la realización de los trabajos y controlar su comportamiento real, utilizar trabajos de referencia para realizar nuevas defectaciones, calcular normas de tiempo y consumo; exportar información para planear, organizar y administrar tareas y recursos al Microsoft Project; conocer la marcha de los trabajos que se encuentran en ejecución; determinar los gastos directos de la producción en proceso y terminada; calcular la producción mercantil; determinar el valor de las ofertas de trabajo; realizar la facturación, las ventas; controlar las cuentas por cobrar y los ingresos; facilitar el proceso de contabilización, posibilitando que el hecho económico se registre una sola vez, en el lugar y momento que ocurre; calcular el salario y el nivel de cumplimiento de las normas de trabajo; determinar los costos de calidad producto de fallos internos; garantizar la trazabilidad durante todo el proceso; automatizar e integrar los procesos claves, mediante un sistema de monitoreo orientado a identificar oportunidades y tomar mejores decisiones, permitiendo mantener una posición de ventaja con relación al entorno.

Introducción

Los momentos actuales imponen la necesidad de cambiar las formas de análisis, proyección y gestión de las empresas. Partiendo del criterio de que "*las empresas son tan eficientes como lo son sus procesos*" y teniendo en cuenta la complejidad y dinamismo que ha adquirido el entorno de las organizaciones, así como la necesidad de enfrentar los nuevos retos del mercado, se necesita contar con un sistema de control que posibilite la toma de decisiones basado, no sólo en el análisis económico-financiero, sino que logre una valoración integral de la gestión y sirva de herramienta en la ubicación de desviaciones en los diferentes procesos de la empresa.

Existe consenso en centrar los estudios de mejora en los **procesos claves,** los cuales se pueden mejorar de forma gradual, adoptando una filosofía de mejora continua o de forma radical, en el caso que se requieran mejoras significativas, aplicando las técnicas de la Reingeniería de Procesos.

La incorporación de las Nuevas Tecnologías de la Información permite redefinir los procesos alcanzando grados de eficacia y eficiencia inimaginables hace unos años. Las organizaciones que sean capaces de descubrir estas posibilidades e implantarlas correctamente, consiguen ventajas competitivas debido a la disminución de costes y el aumento de flexibilidad frente a los requerimientos de los clientes.

Los procesos deben estar correctamente gestionados empleando los sistemas de información para la gestión. Un sistema de información para la gestión se puede definir como una aplicación de gestión empresarial que integra el flujo de información, consiguiendo así mejorar los procesos en distintas áreas.

En cualquier proceso en el que existan intercambios de información, el impacto de las Nuevas Tecnologías será muy importante, tanto que redefinirá totalmente el proceso. Es debido a que toda la información podrá ser "digitalizable" y por tanto gestionada

automáticamente empleando los Sistemas de Información y pudiendo ser comunicada a coste cero empleando las redes (Intranet, Extranet e Internet).

En los Astilleros Astisur se construyen, transforman, reparan y se les da mantenimiento, a embarcaciones de pequeño y mediano porte (hasta 350 toneladas) de todo tipo (acero, plástico, ferrocemento, madera). La capacidad de respuesta a las demandas de los clientes tiene que ser muy rápida y la diversidad le añade una complejidad adicional al proceso productivo.

Los armadores exigen, entre otras cosas, precios más bajos, condiciones de financiación más favorables, mejoras en la calidad y en la tecnología incorporada, reducción de los plazos de entrega.

Este nutrido grupo de circunstancias, junto con el alto componente cíclico de la demanda, los elevados costos fijos, la alta especialización de los activos productivos que se manejan y la existencia de múltiples astilleros, hacen de la construcción naval un sector con un alto grado de rivalidad entre los competidores.

De todo lo anterior se infiere la importancia del presente trabajo **"Aplicación del Sistema Integral de Gestión de la Producción en los Astilleros Astisur".**

Problema a resolver: *carencia de programas de computación que faciliten el proceso de gestión de la producción de manera integral en los Astilleros Astisur.*

Hipótesis de Investigación: *Mediante la aplicación de programas de computación que faciliten el proceso de gestión de la producción de manera integral, será posible mejorar la eficacia y facilitar el cumplimiento de las metas de la Empresa Astilleros Astisur.*

Objetivo general del trabajo: *Desarrollar y aplicar programas de computación que mejoren la eficacia del proceso de Construcción y Reparación Naval facilitando el cumplimiento de las metas de la empresa Astilleros Astisur.*

Desarrollo del trabajo.

Consideraciones Generales

El Sistema Integral de Gestión de la Producción es un paquete de programas de computación que facilita la gestión de la producción de manera integral, brindando información ágil y precisa, "a la medida de la empresa", disponible para todos en tiempo real, donde las técnicas informáticas son usadas para servir al cliente, mejorando la eficiencia y la eficacia de la empresa.

La base donde descansa todo el Sistema Integral de Gestión de la Producción, son las ordenes de trabajo, para cada una de las cuales se planifica el consumo de materiales y los gastos de tiempo de trabajo necesarios y posteriormente se controla su comportamiento real.

Mediante la realización de las órdenes de trabajo se va transformando la materia prima en el producto o servicio solicitado.

Las órdenes de trabajo se realizan sobre determinado objeto de trabajo, por un trabajador o grupo de trabajadores, con determinados medios de trabajo. Cuando cambia alguno de los 3 elementos simples del proceso de trabajo (objeto de trabajo, medio de trabajo o fuerza de trabajo) nos encontramos ante una nueva orden de trabajo. Su duración ideal es de 1 a 3 días, lo cual no excluye la posibilidad de que existan con una duración mayor o menor. Un trabajo puede estar compuesto por más de 300 órdenes de trabajo.

Soporte Técnico.

Lenguaje de programación utilizado: Visual Basic Net y C Sharp.

Acceso a los datos: Este sistema utiliza bases de datos de Microsoft SQL Server, con suscripciones locales que se sincronizan con una publicación que se encuentra en el

servidor; lo cual permite que cada uno de los módulos pueda funcionar con cierta autonomía.

Red de computadoras: permite la transferencia rápida y eficaz de información, cubre la totalidad de las áreas de la organización, servicio de soporte a usuarios durante todo el tiempo de trabajo.

Diagnóstico.

El diagnostico es una fotografía analítica que refleja los problemas e insuficiencias que presenta el proceso. Constituye un punto de partida hacia un objetivo superior, que es el diseño e implantación de mejoras.

El objetivo del diagnóstico fue examinar, los siguientes aspectos:

1. Los problemas de forma detallada y a fondo.
2. Describir, identificar y definir el qué, cuándo, quién, como y por qué.
3. Describir en qué grado cada tema estudiado, está en correspondencia con los nuevos requerimientos.
4. Poner al descubierto los factores y las causas que ocasionan los problemas.
5. Exponer con claridad la información que describe los problemas existentes, de forma tal que permita adoptar las decisiones correspondientes para la solución de los mismos.
6. Examinar cabalmente las relaciones que existen entre los problemas detectados en el diagnóstico, los objetivos de la organización y los resultados logrados.
7. Evaluar la capacidad potencial para introducir modificaciones, y las reservas existentes, para resolver los problemas con eficacia.

Identificación de los problemas del Proceso de Construcción y Reparación Naval.

Para la identificación de problemas, definir prioridades y determinación de las causas raíces se utilizaron las siguientes técnicas: Trabajo en grupo, Tormenta de ideas, Entrevistas personales, Cuestionario 5 Ws y 1 H, Técnica UTI (Urgencia, Tendencia, Impacto), Diagramas causa efecto.

Listado de problemas agrupados por temáticas:

Flujo informativo.

1. No se cuenta con la información necesaria para dirigir.
2. La comunicación y la información como variables y procesos se ven en mayor medida afectadas.
3. Demoras y frecuentes errores laceran la calidad de las informaciones, provocando reiteradas quejas de clientes internos y externos.
4. La interrelación de las diferentes áreas y el intercambio de información se realiza con mucha dificultad.
5. La distribución de la información es muy escasa y se basa fundamentalmente en mostrar resultados económicos financieros de períodos pasados, carece de inmediatez.
6. Es muy difícil controlar el gasto real de materiales y compararlo con lo planificado.
7. Es muy difícil garantizar una correspondencia exacta entre producción terminada, producción mercantil, ventas, cuentas por cobrar e ingresos.
8. Demora en la entrega de las órdenes de trabajo terminadas por los Jefes de Brigada durante la quincena.
9. Los jefes de Brigada no informan diariamente el tiempo realmente trabajado por los obreros de las brigadas.
10. Resulta muy difícil ofrecer toda la información que requieren los clientes internos y externos.
11. En ocasiones se carece de modelos de órdenes de trabajo.
12. Falta de materiales indispensables para darle continuidad a los trabajos.

Despilfarro de tiempo de trabajo:

1. La reiteración de la información genera gastos de tiempo innecesarios y provoca errores.
2. Los cálculos de materiales, sobre todo los de plástico y pintura, son muy engorrosos y nos ocupan mucho tiempo.
3. Para obtener el precio de los materiales se pasa mucho trabajo y cuando se obtiene muchas veces no está actualizado.

4. El cálculo del salario de las órdenes de trabajo es muy engorroso por lo que el cierre quincenal se demora mucho, no da tiempo para ocuparse de otras cosas importantes de su trabajo.
5. Se emplea mucho tiempo y trabajo para realizar los cierres mensuales de producción mercantil, ventas e ingresos, al ser tan engorroso se producen frecuentes errores.
6. El seguimiento y control de la calidad de las operaciones se dificulta por falta de tiempo.
7. Se dificulta mucho poder programar la producción pues todo hay que hacerlo a mano lo que provoca frecuentes interrupciones.
8. Demoras en la presentación de las ofertas a los clientes.
9. Demoras en la entrega de la defectación por el área técnica.
10. Demoras en la entrega de las órdenes de trabajo y la documentación técnica a las brigadas.
11. Demoras en la entrega de materiales en el almacén.
12. Los especialistas y directivos se quejan de estar sobrecargados de trabajo y de que incluso empleando horas extras no satisfacen las exigencias del trabajo.
13. La gestión de las cuentas por cobrar se realiza con mucha dificultad pues no se cuenta con la información necesaria y cuando se obtiene no es con la inmediatez requerida.

Insuficientes medios, aplicaciones y conocimientos sobre técnicas informáticas:

1. Carencia de medios informáticos que faciliten el trabajo.
2. El uso de las técnicas informáticas es mínimo, no se utilizan softwares para solucionar problemas de gestión de la producción, los especialistas y directivos no están familiarizados con el uso de las computadoras.

Como resultado de la aplicación de las técnicas antes mencionadas obtuvimos un gran número de problemas, los cuales fueron sometidos a algunos filtros con el objetivo de reducir el listado, los filtros identificados fueron:

1. ¿Este problema se encuentra ya enunciado?
2. ¿Es posible agrupar o incluir este problema en otro ya enunciado?
3. ¿Se encuentra este problema bajo nuestro control o influencia?
4. ¿Es posible resolverlo?
5. ¿Por su importancia, vale la pena dedicar tiempo y recursos para resolverlo ahora o debe ser postergado?

El listado que aparece a continuación es el resultante de la aplicación de los filtros antes mencionados y la aplicación de la Técnica UTI para definir prioridades para la solución de los problemas, lo cual nos permitió determinar el orden de prioridad en la elaboración de planes de mejora, considerando la urgencia, la tendencia y el impacto que tienen los mismos para la organización.

Listado de problemas reducido en orden de prioridad:

1. Insuficientes medios, aplicaciones y conocimientos sobre técnicas informáticas.
2. Gasto excesivo de tiempo de trabajo para realizar la defectación, la oferta, para facturar la producción terminada, para procesar el pago de las órdenes de trabajo, para despachar los materiales en el almacén, para entregar la documentación técnica a las brigadas, para realizar los cierres mensuales de producción mercantil, ventas e ingresos.
3. No se cuenta con la información necesaria, en el momento oportuno y de la forma adecuada, para gestionar el proceso.

Mejoramiento del proceso.

Elaboración del proyecto.

El proyecto de mejora fue organizado mediante planes de acción, empleando la técnica de las 5Ws (What, Who, Why, Where, When) y las 2Hs (How, How much) para las tres oportunidades de mejora priorizadas en el proceso de Construcción y Reparación Naval.

Como apunta Amozarrain (1999): "La fase de implantación puede prolongarse en el tiempo, por lo que es necesario desarrollar un plan concreto con la definición de responsables y plazos para cada uno de los hitos".

Resultados del proceso de mejora.

1. Integración del área informática de la organización.
2. Adquisición o modernización del equipamiento informático necesario.
3. Instalación de red informática.
4. Capacitación del personal en la utilización y aplicación de técnicas informáticas.
5. Se desarrolló y aplicó un paquete de programas de computación que mejoran la eficacia del proceso de Construcción y Reparación Naval facilitando el cumplimiento de las metas de la empresa Astilleros Astisur.

A continuación se detallan los resultados obtenidos en cada uno de los módulos que componen el Sistema Integral de Gestión de la Producción en los Astilleros Astisur.

Modulo de Atención al cliente.

Se creó una aplicación de computación que ofrece las siguientes posibilidades:

a) Entrada de datos de forma rápida y sencilla, de manera que el usuario solamente está obligado a teclear los datos estrictamente necesarios y siempre puede auxiliarse de listas desplegables, selección de opciones predefinidas y otras facilidades.

b) Recepcionar la Solicitud de Trabajo o Servicio y de ser necesario enviarla por vía electrónica al Proceso de Gestión de la Producción y recibir por esta misma vía la defectación.
c) Acceso a toda la información necesaria, como precios ya definidos, tarifas aprobadas, márgenes comerciales que pueden usarse.
d) Ofrecer, de forma ágil y dinámica al cliente, la Oferta de Trabajo o Servicio.
e) Ofrecer toda la información que solicite el cliente con el máximo nivel de detalle y exactitud.
f) Gestionar las quejas.
g) Facturar la producción que previamente ha sido declarada como Terminada y Mercantil.
h) Declarar la venta de la producción previamente facturada, una vez que la factura es aprobada por el cliente y que automáticamente su valor pase a cuentas por cobrar.
i) Facilitar la medición y análisis del nivel de satisfacción del cliente.
j) Declarar los ingresos y que en esa misma medida disminuyan o se eliminen las cuentas por cobrar relacionadas.
k) Realización y control de una gestión eficiente de la facturación, las ventas, las cuentas por cobrar y los ingresos con información en tiempo real y de forma acumulada.
l) Garantía de correspondencia absoluta entre Producción Terminada, Producción Mercantil, Ventas, Cuentas por Cobrar e Ingresos.
m) Determinar los gastos directos de las Ventas a partir de los gastos de materiales y de fuerza de trabajo en que incurrieron las ***órdenes de trabajo*** implicadas en las ventas.
n) Disponer de las informaciones necesarias de forma detallada o resumida, en tiempo real y de forma acumulada, a través de la página Web de la empresa.
o) Eliminar actividades que no agregaban valor: traslado físico hacia otras áreas para llevar información, reiteración de información ya utilizada en otras áreas, llenado manual de modelos e informes, cálculo y procesamiento manual de resultados e informaciones, etc.
p) Reducir al mínimo el despilfarro de tiempo de trabajo.

Modulo de Gestión de la Producción.

Se creó una aplicación de computación que ofrece las siguientes posibilidades:

a) Entrada de datos de forma rápida y sencilla, de manera que el usuario solamente está obligado a teclear los datos estrictamente necesarios y siempre puede auxiliarse de listas desplegables, selección de opciones predefinidas y otras facilidades, y tiene acceso a toda la información necesaria, como las calificaciones y tarifas salariales para la planificación de los gastos de fuerza de trabajo, y la descripción, precio y existencia en almacén en el caso de la planificación de los materiales.
b) Recibir, del Proceso de Atención del Cliente, la solicitud de trabajo o servicio y los requisitos relacionados con el producto expresados por el cliente a través de la intranet.
c) Planificar los gastos de materiales y de fuerza de trabajo y posteriormente controlar su comportamiento real, por orden de trabajo (antes se hacía a nivel de trabajo).
d) Calcular la norma de tiempo de las actividades de pintura y plástico utilizando la ecuación que expresa la relación existente entre el consumo de material y los gastos de tiempo necesarios para la ejecución de las órdenes de trabajo obtenida mediante modelos de Regresión Lineal y análisis de Correlación. Para ello se tuvieron en cuenta los gastos de materiales y de tiempo registrados durante los dos últimos años. Esta posibilidad, además de lo que representa en ahorro de tiempo y gastos mentales, permite, teniendo en cuenta el análisis del comportamiento real, mejorar y ajustar las normas de tiempo, cuestión que resulta muy difícil, si se utiliza el método por experiencia y las actividades que se realizan son no repetitivas, como es característico en nuestra organización.
e) Utilizar ***trabajos de referencia*** para la realización de futuras defectaciones: Se puede conformar una nueva defectación copiando órdenes de trabajo, ya sea de forma aislada o en grupos, las ordenes de trabajo de una especialidad o las de un trabajo completo, si se consideran con características similares a las del nuevo trabajo que se va a enfrentar, lo cual permite que en el momento de la verdad, in sito, el programador solo tenga que hacer pequeños ajustes, incorporaciones o

eliminaciones, a las órdenes de trabajo preconcebidas. Esto facilita grandemente la realización de una actividad extremadamente minuciosa y compleja, que generalmente se realiza en condiciones que no son las más adecuadas. Posteriormente, ya frente a la computadora, resulta extremadamente sencillo realizar los ajustes pertinentes a la defectación conformada inicialmente.

f) Una vez calculados los gastos de materiales y de fuerza de trabajo de todas las órdenes de trabajo que componen un trabajo, obtener la ***Defectación***, y enviarla al Proceso de Atención al Cliente a través de la intranet.
g) Exportar la información necesaria para planear, organizar y administrar tareas y recursos a otras aplicaciones especializadas como el Microsoft Project.
h) Emitir las órdenes de trabajo.
i) Determinar el consumo real de materiales ***por operación***, a partir del control de los vales de salida de materiales del almacén. Las solicitudes de materiales tienen que contener, entre otros datos, el código del trabajo y de la operación, sin lo cual no pueden ser recibidas por el almacenero.
j) Introducir los datos de los vales de salida del almacén de manera más rápida y precisa. El almacenero, que antes hacia el vale de salida manualmente, ahora introduce los datos en la computadora y luego los vales son impresos de forma optima, pues se agrupan, en un mismo vale, las solicitudes realizadas para un mismo centro de costo, en el período que media entre una tirada y otra.
k) Declarar la terminación de las ***órdenes de trabajo***, después de comprobar que la misma fue ejecutada con la calidad requerida y que esta información sea recibida por todos los que la necesitan.
l) Determinar el salario a pagar por sobre cumplimiento del tiempo planificado en la ejecución de las órdenes de trabajo.
m) Calcular el por ciento de cumplimiento de las órdenes de trabajo y de obtener resúmenes por especialidad, trabajos, trabajadores, períodos de tiempo, etc.
n) La emisión de un Parte Diario de Producción, que es una información muy importante para el Proceso de Construcción y Reparación Naval y para la alta dirección de la empresa. En el Parte Diario de Producción se reflejan todos los trabajos que están en ejecución, su estado (Avanza sin dificultad, Avanza con

dificultad, Paralizado), las causas que provocan los dos últimos, porciento de avance y además permite al final, al Jefe de Producción de la Unidad Empresarial de Base, hacer un comentario sobre aspectos generales que considere están afectando la buena marcha del proceso productivo, para que sean conocidos por la alta dirección. A esta información tienen acceso todos los interesados a través de la página Web de la empresa.

o) Conocer en ***tiempo real*** el valor de la Producción Terminada y la Producción Mercantil: cuando una ***orden de trabajo*** se termina, los gastos de mano de obra y de materiales se incorporan a la producción Terminada y su valor a precio de venta a la Producción Mercantil, lo cual permite a final de mes obtener el Cierre Mensual de la Producción Terminada y Mercantil. Los gastos directos de la Producción en Proceso se obtienen sobre la base de los gastos registrados de los materiales y fuerza de trabajo en las órdenes de trabajo que no se han terminado.

p) Obtener los valores Producción en Proceso, Producción Terminada y Producción Mercantil sobre la base del criterio concreto de ***la terminación de las órdenes de trabajo***, antes era estimado por los Jefes de Producción de las Unidades Empresariales de Base, lo cual daba la posibilidad de ajustarlo a la medida de su conveniencia y provocaba la recopilación de un sin número de datos y cálculos que le implicaban no menos de 5 días de trabajo.

q) La Programación de la Producción Mercantil se realiza de una forma más objetiva, pues se cuenta con toda la información requerida, tanto de los trabajos que se encuentran en ejecución, como de las ofertas de trabajo con posibilidades de realización en el período que se planifica.

r) Garantizar la trazabilidad de la producción, desde que se produce la solicitud del trabajo o servicio hasta que se cobra el último centavo.

s) Determinar los costos de calidad debido a reprocesos y garantizar que no sean asumidos por los clientes si son imputables a la organización.

t) Eliminar las actividades que no agregaban valor: traslados físicos a otras áreas para llevar información, manipulación reiterada de información ya utilizada en otras áreas, cálculos manuales de gastos de fuerza de trabajo y de materiales, llenado

manual de modelos e informes, cálculo y procesamiento manual de resultados e informaciones, etc.

u) Reducir el mínimo el despilfarro de tiempo de trabajo.
v) Las informaciones correspondientes a este módulo, están disponibles para todos los interesados, en tiempo real, a través de la página Web de la empresa.

Módulo de Realización de la Producción.

Se creó una aplicación de computación que ofrece las siguientes facilidades:

a) Recibir, del Proceso de Gestión de la Producción, por vía electrónica, a través de la intranet las órdenes de trabajo.
b) Entrada de datos de forma rápida y sencilla, de manera que el usuario solamente está obligado a teclear los datos estrictamente necesarios y siempre puede auxiliarse de listas desplegables, selección de opciones predefinidas y otras facilidades, y tiene acceso a toda la información necesaria, como las calificaciones, tarifas salariales, tiempo y materiales planificados a cada orden de trabajo, existencia de materiales en almacén.
c) Registrar los gastos de fuerza de trabajo (jefes de brigadas) y que sean recibidos por vía electrónica por la especialista en Recursos Humanos a través de la intranet.
d) Hacer las solicitudes de materiales al almacén (jefes de brigadas) y que sean recibidas a través de la intranet por vía electrónica.
e) Conocer en el almacén las necesidades de materiales antes del comienzo del trabajo, una vez que en el proceso de Atención al cliente se da la orden de inicio del trabajo, lo cual agiliza la búsqueda de los materiales deficitarios y facilita los predespachos.
f) Control y procesamiento adecuado de las devoluciones de materiales al almacén.
g) Facilitar y agilizar la contabilización de las salidas y devoluciones de materiales del almacén, eliminando los continuos atrasos que provocaba, en muchas ocasiones, que materiales consumidos en un mes fueran contabilizados el mes siguiente.
h) Eliminar actividades que no agregaban valor: traslado físico hacia otras áreas para llevar información, reiteración de información ya utilizada en otras áreas, llenado

manual de modelos e informes, cálculo y procesamiento manual de resultados e informaciones, etc.

i) Reducir el mínimo el despilfarro de tiempo de trabajo.
   - ✓ En los reportes de los gastos de fuerza de trabajo y solicitudes de materiales.
   - ✓ Despacho de materiales en el almacén.

Monitoreo de los resultados.

El monitoreo de los resultados se lleva a cabo mediante la recopilación permanente de informaciones sobre el desempeño del proceso de lo cual se han obtenido los resultados siguientes:

1. La realización de una defectación, que antes demoraba 10 días, ahora demora 3 horas.
2. El cierre mensual de la Producción en Proceso, Terminada y Mercantil que antes demoraba 5 días de trabajo, con un elevado gasto de energía mental, ahora se obtiene instantáneamente y se muestra en tiempo real.
3. La programación de la producción mercantil del próximo mes que antes demoraba 1 día de trabajo ahora se realiza en 1 hora, con más calidad y precisión.
4. El cierre de salario quincenal que antes demoraba 3 días, ahora, de forma más eficiente y con mayor calidad se puede realizar en 0.5 horas.
5. La conformación y presentación de la oferta en el área comercial que antes demoraban 2 días, ahora se realiza en 30 minutos.
6. La facturación parcial o total de un trabajo que antes demoraba 1 día ahora se realiza en 15 minutos.
7. El cierre mensual de Ventas, Cuentas por Cobrar e Ingresos, que antes demoraba 3 días, ahora se realiza en 15 minutos.

Además se controlan y analizan los indicadores de desempeño de los procesos.

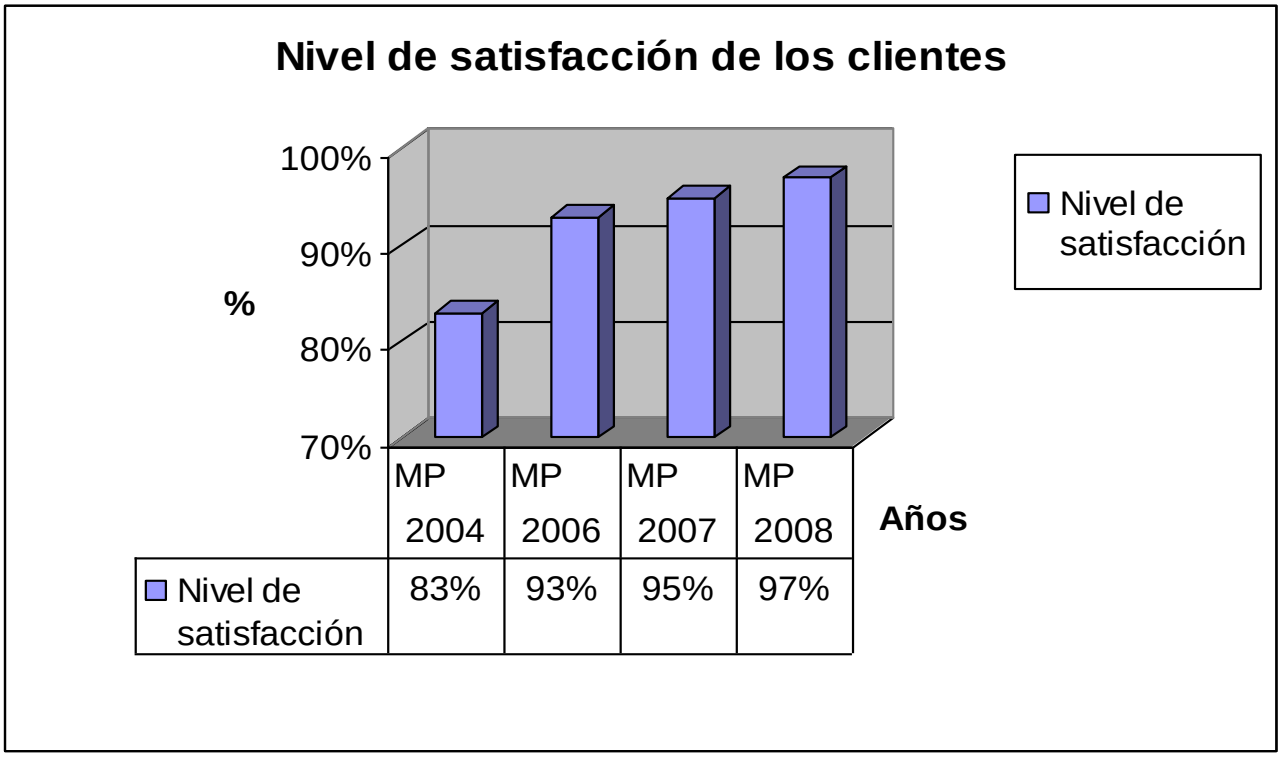
Conclusiones.

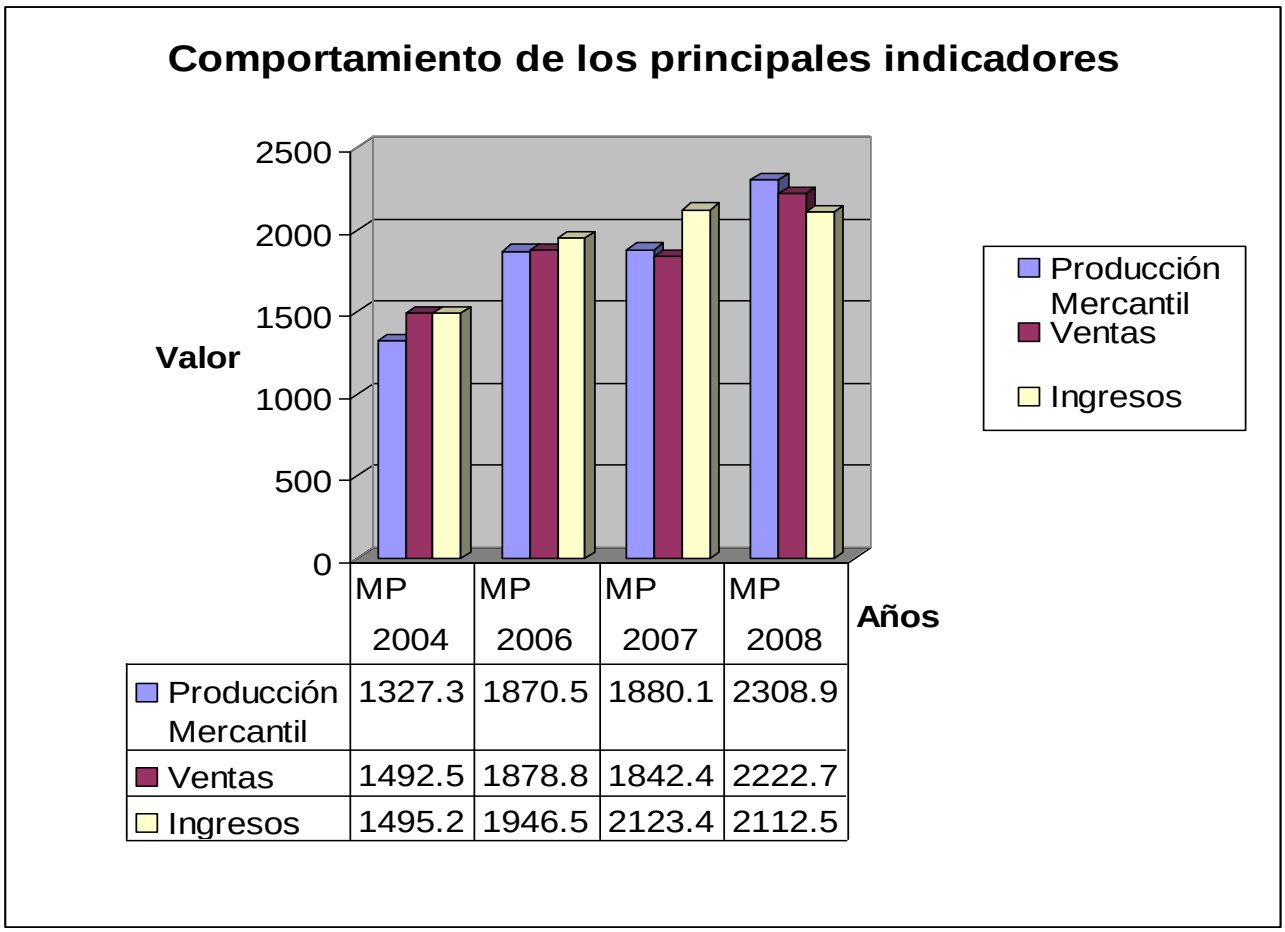
1. No se puede dejar de lado la influencia vital que tienen las tecnologías de la información y la comunicación en los sistemas de gestión, dotándolos de un soporte ágil y operativo que permite que el protagonismo en el sistema se centre en la gestión de los procesos y en los resultados.
2. El éxito del proyecto de mejora dependió de la actitud asumida por los directivos, quienes crearon valores y expectativas claros y visibles. Los trabajadores percibieron que los directivos conocían y dominaban los temas relacionados y se comprometieron con ellos, desarrollando la creatividad e innovación en la búsqueda de soluciones en el marco de una cultura de trabajo en equipo y en un ambiente de confianza.
3. Materializando el principio de que el hecho económico se registre una sola vez, en el momento y lugar donde ocurre se evitan errores y despilfarro de tiempo por reiteración.
4. El proceso de Construcción y reparación naval en la empresa Astilleros Astisur es constantemente examinado, evaluado y mejorado; enfocado hacia la satisfacción los clientes, lo que posibilita el cumplimiento de la misión y las metas estratégicas de la organización.
5. A partir de la aplicación del Sistema Integral de Gestión de la Producción la organización tiene las siguientes posibilidades:
   - Guardar, acceder y recuperar gran cantidad de información, la cual puede ser utilizada por cualquier área de la organización, para múltiples fines, siempre que sea necesario.
   - Mayor agilidad, exactitud, calidad y elegancia en la presentación de los resultados.
   - Se cuenta con un sistema de información ágil y preciso, “a la medida de la empresa”, que integra las posibilidades de la intranet a la gestión integral de la producción, disponible para todos en tiempo real.

- Lograr la automatización e integración de procesos claves, mediante un sistema de monitoreo orientado a identificar oportunidades y tomar mejores decisiones, permitiendo mantener una posición de ventaja con relación al entorno.
- Identificar las causas que impiden lograr altos niveles de desempeño, identificar los principales problemas y aplicar medidas que contribuyen al cumplimiento de las metas de la organización.
- Materializando el principio de que el hecho económico se registre una sola vez, en el momento y lugar donde ocurre se evitan errores y despilfarro de tiempo por reiteración.

6. Se desarrollaron y aplicaron programas de computación que mejoran la eficacia del proceso de Construcción y Reparación Naval facilitando el cumplimiento de las metas de la empresa Astilleros Astisur, lo cual pone de manifiesto la validez de la hipótesis de la investigación.

Las técnicas informáticas han sido usadas para servir al cliente, mejorando la eficiencia y la eficacia de la empresa.


Nivel de satisfacción de los clientes
100%
90%
80%
70%
%
MP 2004
MP 2006
MP 2007
MP 2008
Años
Nivel de satisfacción
Nivel de satisfacción
83%
93%
95%
97%


Comportamiento de los principales indicadores
2500
2000
1500
1000
500
0
Valor
MP 2004
MP 2006
MP 2007
MP 2008
Años
Producción Mercantil
Ventas
Ingresos
Producción Mercantil
1327.3
1870.5
1880.1
2308.9
Ventas
1492.5
1878.8
1842.4
2222.7
Ingresos
1495.2
1946.5
2123.4
2112.5

EL CONTROL DE MAREAS NEGRAS. EXPERIMENTACIÓN DE UN NUEVO MODELO DE BARRERA OCEÁNICA

J. A. Fraguela[1], L. Carral [1], G. Iglesias[2], A. Castro[2], A. Ascaso[1] , G. González[1] , M.J. Rodríguez[1]

[1] Univ. La Coruña, Escuela Politécnica Superior, Campus de Esteiro, Ferrol, e-mail: fraguela@cdf.udc.es
[2] Univ. Santiago de Compostela, Escuela Politécnica Superior, Campus Universitario s/n, 27002 Lugo, e-mail: iglesias@usc.es

INTRODUCCION

El intenso transporte de hidrocarburos por vía marítima, deficiencias estructurales en los buques, accidentes motivados por varada o colisión con otro buque, son circunstancias que traen como consecuencia grandes vertidos accidentales que provocan una marea negra con grandes daños al medio marino, a la flora y a la fauna y grandes pérdidas económicas para el país que sufre estas consecuencias (Fig.1). Para mitigar estos impactos es necesario dedicar grandes medios materiales y humanos, con pobres resultados hasta ahora, siendo necesario diseñar medios más eficaces en la lucha contra estos vertidos accidentales y crear ciertas infraestructuras en las zonas de mayor riesgo de vertidos.



Fig. 1: Hundimiento del buque tanque Prestige frente a las costas gallegas (noviembre 2002

Entre estos medios se hallan las barreras flotantes, que se pueden utilizar para contener el contaminante en un área en torno al punto de vertido o para evitar su penetración en zonas particularmente sensibles, como las bahías, los estuarios y las rías. Controlada la evolución

y dispersión del vertido, los hidrocarburos son recogidos a continuación por medio de "skimmers", desde embarcaciones o puntos de recogida en tierra.

La eficacia de este sistema depende de las condiciones hidrodinámicas (oleaje, corrientes) y de viento. En la actualidad existen más de 100 diseños diferentes de barrera, pero la mayoría tienen una eficacia limitada en situaciones de oleaje, corrientes y viento (Fig. 2). Por extraño que parezca, y a pesar de la gravedad que suelen revestir los vertidos de hidrocarburos, hay lagunas importantes en el conocimiento del funcionamiento hidrodinámico de las barreras, y por consiguiente en la capacidad de evaluación de la eficacia de las distintas patentes. En este sentido es necesario profundizar en el análisis y en los programas experimentales.



Fig. 2: Barreras comerciales actuales

Es importante diseñar la geometría y los ensayos en canal, de una Barrera Oceánica de Contención de Hidrocarburos, es decir, una barrera que sea capaz de contener un derrame en estados de mar más energéticos que aquellos en los que son efectivas las barreras comerciales actuales; específicamente, una barrera que funcione con eficacia con vientos hasta de grado 5 en la Escala de Beaufort ("fresquito", con velocidades de 17 a 21 nudos) y estados de mar hasta grado 4 en la escala de Douglas ("fuerte marejada", con alturas de ola de 1,25 a 2,5 metros). Idealmente, esta barrera oceánica se desplegaría en torno a un buque siniestrado lo antes posible después de la notificación del siniestro, de forma que el vertido,

de producirse, pudiese quedar confinado por la barrera. En esta zona, de extensión reducida, sería recogido por medio de embarcaciones, dotadas de skimmers.

Ahora bien, para que este esquema sea posible se deben dar varias condiciones, entre ellas: Que el estado de la mar permita el despliegue de la barrera oceánica y su funcionamiento eficaz; que se disponga de un margen de tiempo para llegar, con los medios necesarios, al lugar donde se encuentre el buque antes de que comience el vertido; y por supuesto, que se disponga de dichos medios. No cabe duda que, en la práctica, no siempre se darán todas estas circunstancias en un siniestro.

Debido a ello, es necesario plantearse la eventualidad de un vertido que se aleja del buque y avanza hacia la costa.

Tenemos entonces la segunda posible aplicación de la barrera oceánica, la más probable en la práctica, la protección de zonas específicas de la costa.

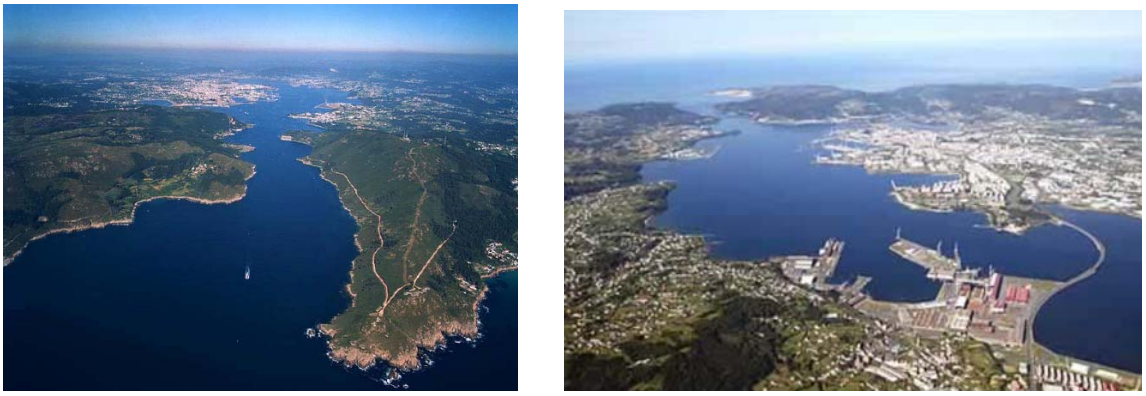
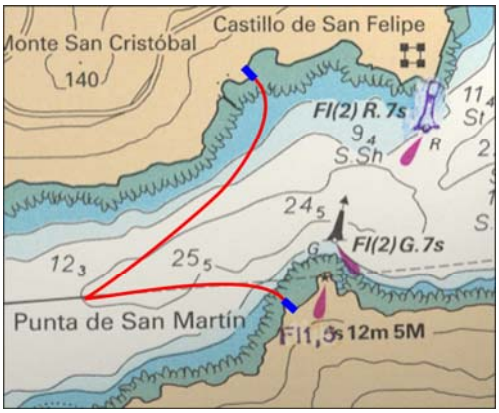
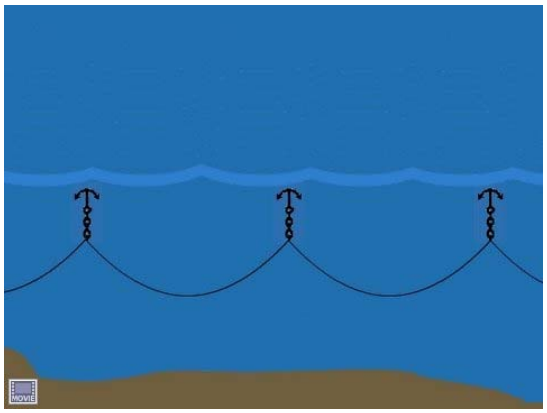


Fig. 3. Ría de Ferrol

En el caso de los estuarios y las rías (Figura 3), es necesario desplegar la barrera en su bocana, con un fondeo intermedio y un amarre en cada una de las orillas. De esta forma las corrientes hacen que la mancha de crudo tienda a desplazarse a lo largo de la barrera hasta las zonas de anclaje en tierra, en las cuales se dispondrán puntos de recogida y se prepararán accesos de vehículos pesados (figura 4a).





(4a) Puntos elegidos en la ría de Ferrol **(4) Fondeo en espacios abiertos**

Figuras 4a y 4b. Anclajes en estuario o ría y en bahía

En espacios más abiertos (fig. 4b) el tendido deberá hacerse en una línea paralela a la costa, pero cuidando especialmente que los anclajes le permitan formar a la barrera embolsamientos en la parte más cercana a la costa, de los cuales serán aspirados los hidrocarburos y recogidos en embarcaciones.

DISEÑO DE LA BARRERA

Las barreras constan usualmente de un elemento cilíndrico que garantiza su flotación y de una faldilla submarina, a fin de evitar el paso del contaminante por debajo de la barrera. Los modelos que se comercializan actualmente tienen un francobordo pequeño, por lo que son fácilmente rebasados por los hidrocarburos en situaciones de fuerte viento u oleaje. Por otro lado, su faldilla es demasiado corta para prevenir eficazmente el drenaje del contaminante por debajo de la barrera, en cualquiera de los modos de fallo en que éste puede ocurrir (acumulación crítica, *droplets*, etc.) (Delvigne 1989).

A fin de paliar estas carencias de las barreras comerciales, se ha planteado un nuevo diseño a través de un proceso que se puede dividir en las siguientes fases:

- Elección del tipo de flotador. Características físicas, geometría, peso.
- Definición de los elementos que conforman la barrera.
- Modelado en 3D de la barrera.
- Aumento del francobordo de la barrera en un metro.

La elección de la geometría del flotador se ha realizado de acuerdo con una serie de parámetros relativos a la flotabilidad y a la estabilidad de los flotadores. Para determinar estos datos se ha utilizado un programa de arquitectura naval (MAXSURF).

La flotabilidad y la estabilidad de los flotadores están íntimamente relacionadas con una serie de parámetros geométricos del propio flotador, como son el coeficiente de bloque, el área en la flotación, la eslora, el calado y la manga del flotador. El proceso seguido para determinar cuál de los flotadores poseía mejores características hidrodinámicas ha sido el siguiente.

1.- Generación de la geometría del flotador en 3D por medio de SOLID EDGE.

2.- Migración de la geometría del flotador a MAXSURF por medio de ficheros .iges.

3.- Obtención de los valores relativos a la estabilidad y flotabilidad del flotador mediante el módulo HIDROMAX perteneciente al programa de arquitectura naval MAXSURF.

Con base en los datos obtenidos del MAXSURF, se ha elegido un flotador con una sección transversal en forma de pera (Fig. 5).

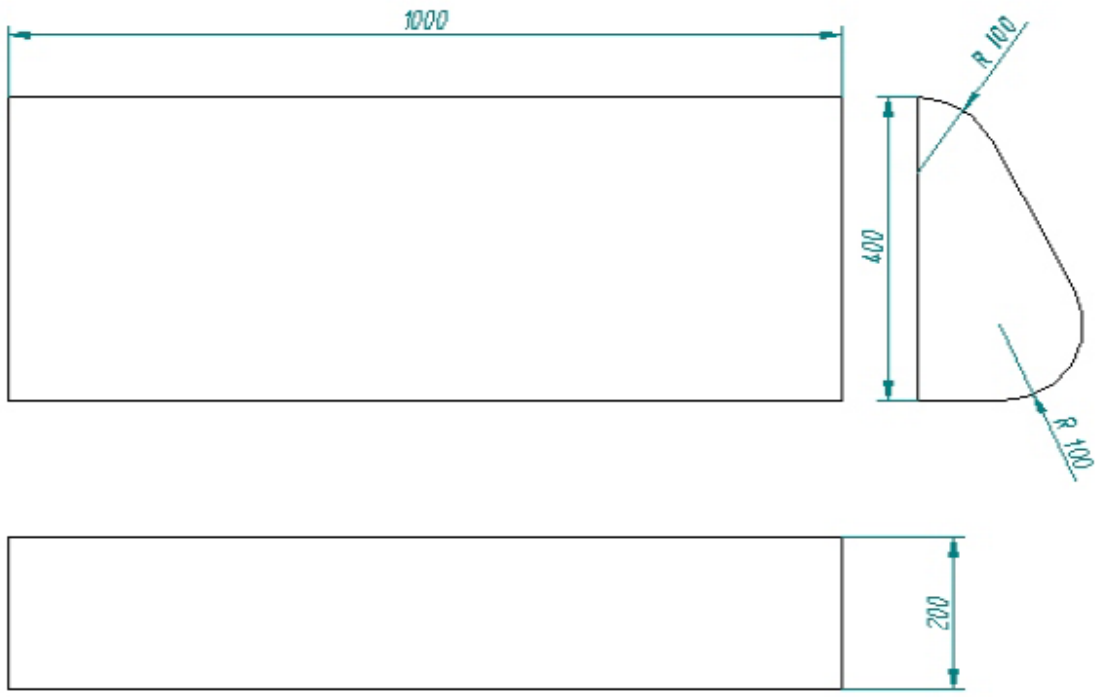


Fig. 5: Geometría de los elementos de flotación

Además de los flotadores, los elementos que conforman la barrera (Fig. 6) son: conectores, estabilizadores, rigidizadores, cadena y cable y faldilla.

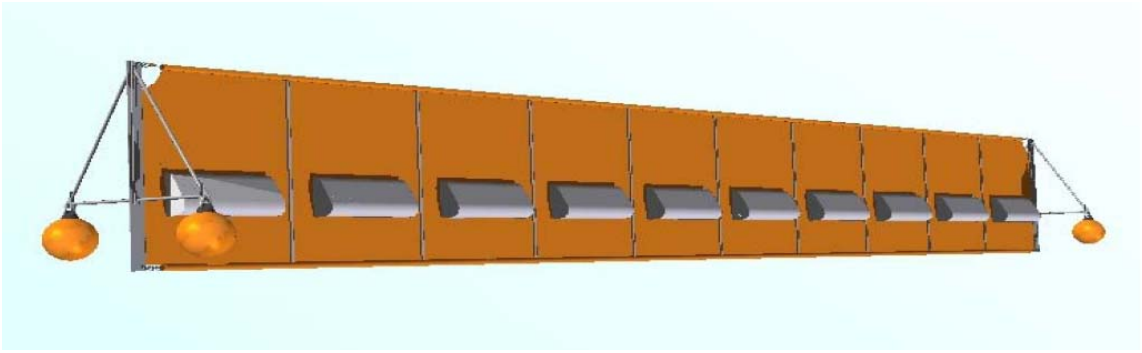


Fig. 6. Módulo de barrera (15 metros en prototipo)

Los conectores (Fig. 7) son las piezas de aluminio que se colocan en los extremos de cada módulo de 15 m, como remate de la tela. Su principal misión es la de permitir la conexión entre distintos tramos de barrera de una forma rápida y a la vez segura.

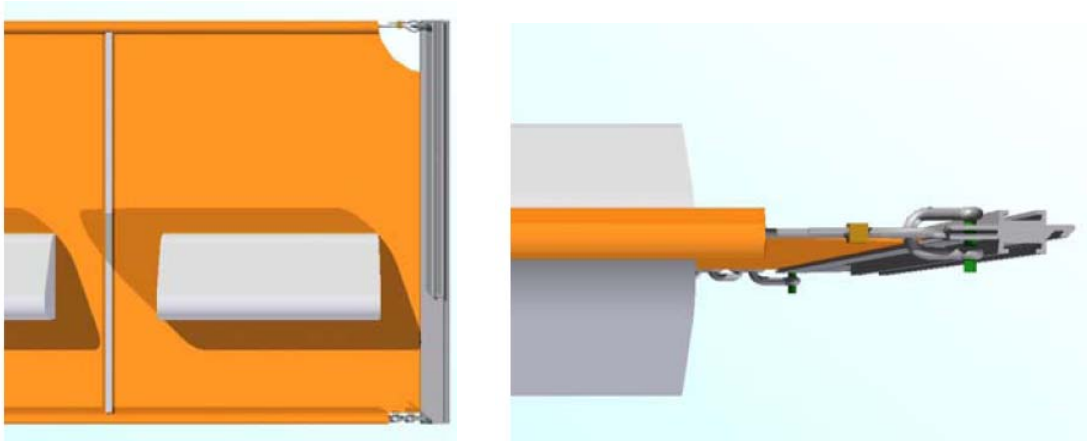


Fig. 7. Conectores

Los estabilizadores (Fig. 8) son estructuras triangulares que sujetan dos boyas esféricas, una por cada lado de la barrera. Se conciben como elementos complementarios del diseño, necesarios para aumentar la estabilidad de la barrera ante el mayor empuje de las olas y del

viento, debido al aumento del francobordo. Están situados en los extremos de cada módulo de 15 m, anclados a los conectores y se colocan una vez tendida la barrera, por medio de una embarcación de apoyo. A tal fin se ha diseñado un sistema de introducción en los conectores de la barrera que permita realizar la maniobra con rapidez y seguridad.

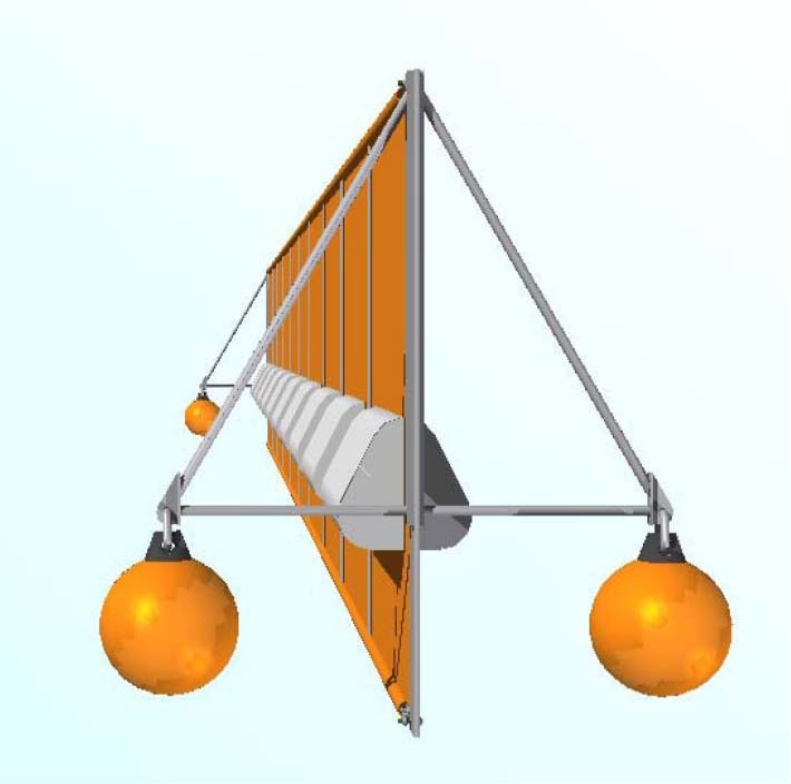


Fig. 8. Estabilizadores

Tras los primeros ensayos de la barrera, se observó que la vela sobre los flotadores no se mantenía erguida, con lo cual dejaba de cumplir su misión (evitar rebases). Para solucionar este problema se colocaron unos rigidizadores verticales entre los flotadores (Fig. 9).

Finalmente, el cable y la cadena son los elementos encargados de dar resistencia frente a esfuerzos axiales a la barrera, de tal forma que el tendido en forma de catenaria entre los fondeos, o el fondeo y el anclaje a tierra, resista las solicitaciones ejercidas por las olas, la corriente y el viento. El cable recorre el extremo superior de la barrera, y la cadena, el extremo inferior (Fig.10). La cadena además se usa como lastre para aumentar la

estabilidad naval del conjunto, proporcionando un par adrizante en cuanto se produce un movimiento de balance.

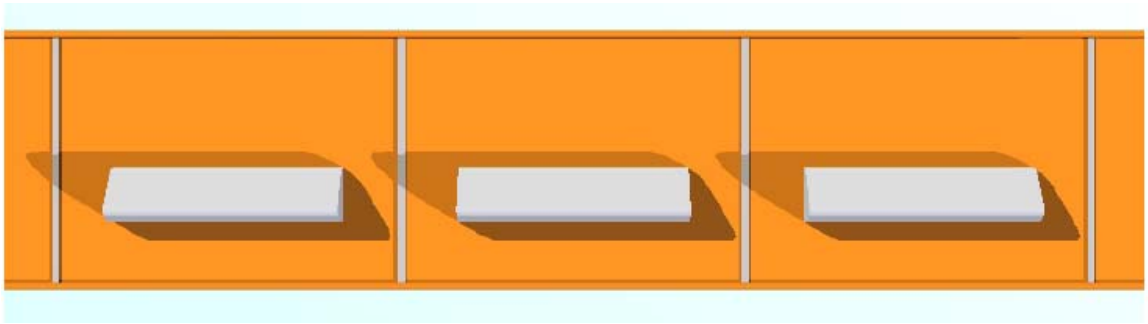


Fig. 9. Rigidizadores

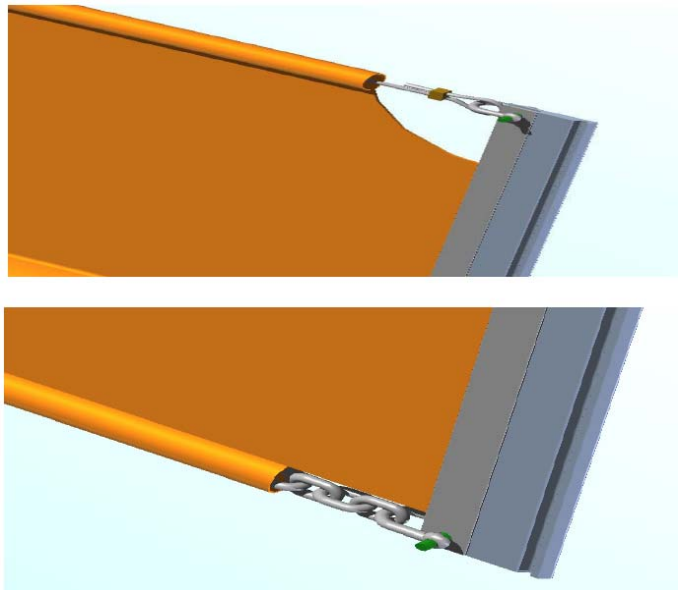


Fig. 10. Detalle de colocación de cable y cadena

Los planos de diseño del prototipo, con todos los elementos anteriores, se recogen en la figura 11.

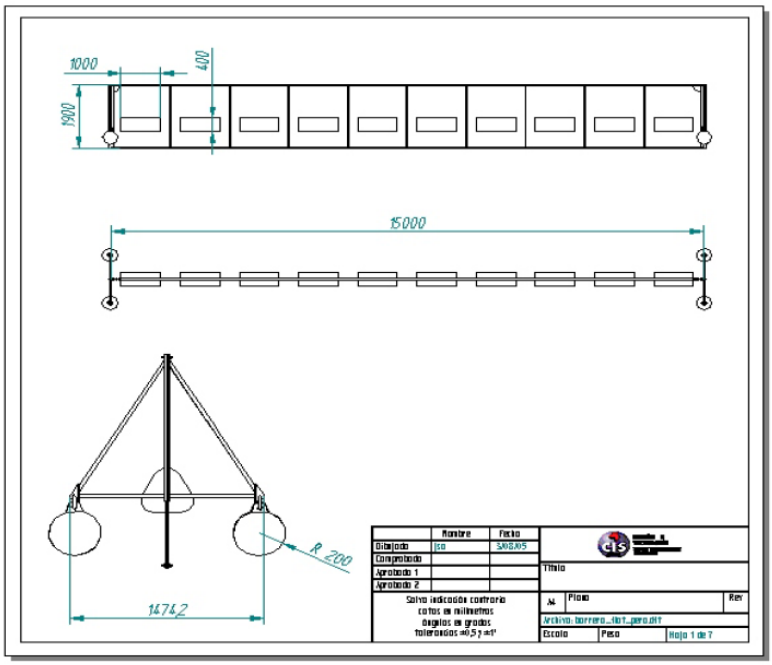


Fig. 11. Planos de prototipo

Este diseño se materializó en un modelo a escala 1:5 de un módulo de barrera (15 m de longitud en prototipo) (Fig.12). El factor de escala se escogió con objeto de minimizar los efectos de escala, cumpliendo al mismo tiempo con el objetivo de ensayar un módulo de barrera completo en un canal de 3 m de anchura.



Fig. 12. Modelo de un módulo de barrera (15 m en prototipo) a escala 1:5

ENSAYOS EN CANAL

Con objeto de comprobar el funcionamiento de este diseño, se ha sometido a ensayos en el canal de oleaje del C.I.T.E.E.C (Universidad de La Coruña), cuyas dimensiones son 70 m de longitud, 3 m de anchura y 3 m de profundidad (Fig. 13).



Fig. 13. Canal pesado de oleaje del CITEEC

El generador de oleaje del canal es una pala de tipo pistón, accionada por un sistema oleohidráulico. El equipo de control cuenta con el sistema de absorción activa del oleaje AWACS (Danish Hydraulic Institute). La zona del canal en que se sitúa el modelo de barrera está acristalada (Fig. 14), a fin de observar y grabar lateralmente los movimientos de la barrera con distintos oleajes. En el canal se situaron sensores de nivel por conductividad, con el fin de registrar los desplazamientos de la superficie libre en los ensayos (Fig. 15).



Fig. 14. Zona de modelos del canal



Fig. 15. Sensores de nivel de conductividad y (a la izqda.) barra de deslizamiento para la sujeción lateral de la barrera

Los ensayos se realizaron con una profundidad en modelo de 1.3 m, equivalentes a 6.5 m en prototipo, y con oleaje regular. Se utilizaron diferentes combinaciones de altura de ola y período representativas de los estados de mar típicos en la bocana de la Ría de Ferrol. Así, se ensayaron alturas de ola en modelo (Hm) entre 0.3 m y 0.5 m, correspondientes a alturas de ola en prototipo (Hp) entre 1.5 m y 2.5 m. Los períodos en modelo variaron entre 2.68 s y 7.16 s, lo que representa en prototipo 6 s y 16 s respectivamente. Todos los ensayos fueron grabados mediante cámara digital de vídeo.

Se ensayaron dos disposiciones de la barrera respecto del eje longitudinal del canal y por tanto del oleaje incidente, formando un ángulo α con el eje de 30º y de 60º (Fig. 16), que se corresponderían con dos posibles situaciones de tendido en la realidad.

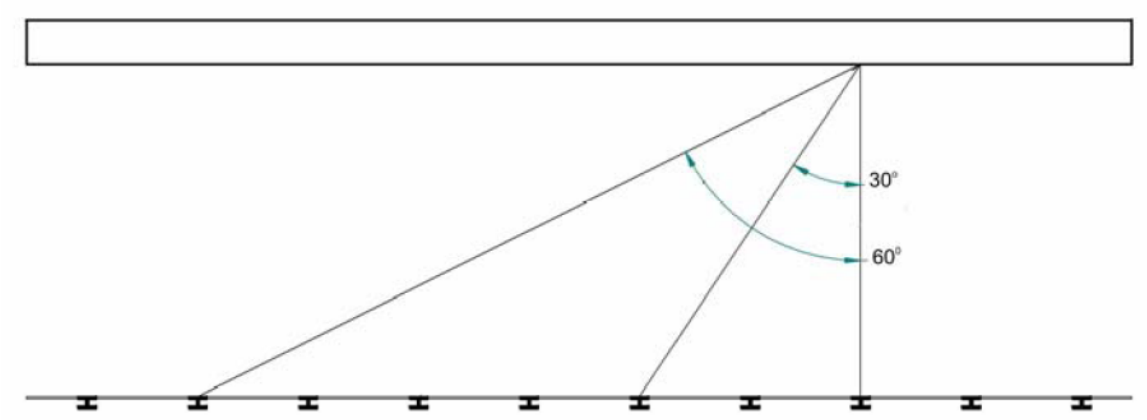


Fig. 16. Disposición de la barrera en el canal (vista en planta)

RESULTADOS

Con el fin de exponer de forma sencilla el funcionamiento de la barrera en las distintas situaciones de oleaje, se han definido tres niveles de servicio:

- Nivel de servicio óptimo (O): No se producen rebases; la barrera asciende y desciende al paso de las ondas manteniendo razonablemente la verticalidad de la vela y de la cortina submarina.
- Nivel de servicio adecuado (A): No se producen rebases, pero la verticalidad de la vela y de la cortina no se mantiene al paso de las ondas.

- Nivel de servicio inadecuado (I): Tienen lugar rebases.



Fig. 17. Colocación de la barrera en el canal (α=60º)



Fig 18. Barrera en el canal (α=60º)

	H_m		
T_m	0.3 m	0.4 m	0.5 m
2.68 s	O	O	O
4.02 s	O	O	O
5.37 s	O	O	–
7.16 s	O	–	–

Tabla 1. Comportamiento de la barrera. Ángulo de incidencia 60º
(O=óptimo; A=adecuado; I=inadecuado)

En la Tabla 1 se recoge el comportamiento observado para un ángulo de incidencia de 60º. Cada ensayo corresponde a una casilla, siendo Hm y Tm la altura de ola y el período en el modelo, respectivamente. En cada casilla se consigna la clave del nivel de servicio obtenido en el ensayo. Las casillas con un guión (–) corresponden a combinaciones de altura y período inviables debido a las limitaciones normales del sistema de generación de oleaje.

Como se puede ver en la Tabla 1, la respuesta de la barrera es excelente, obteniéndose un nivel de servicio óptimo (O) en todos los ensayos. La oblicuidad de la barrera respecto al oleaje (60º) reduce la tensión axial en la barrera y favorece su estabilidad naval bajo la acción del oleaje. La barrera se acopla sin problemas al movimiento de la superficie del agua, "cabalgando" sobre las ondas, gracias a su flexibilidad.

En la Tabla 2 se recoge el comportamiento observado con un ángulo de incidencia de 30º. En todos los ensayos con altura de ola en modelo 0.3 m y 0.4 m (1.5 m y 2.0 m en prototipo, respectivamente) se obtuvieron niveles de servicio óptimos. Para una altura de ola de 0.5 m, correspondiente a 2.5 m en prototipo, el comportamiento no es tan bueno, con un nivel de servicio adecuado para un período en modelo de 2.68 s (6 s en prototipo), e inadecuado para un período de 4.02 s (9 s en prototipo). Sólo en este último caso aparecen rebases significativos.

Con esta oblicuidad (α=30º), la cresta de la onda actúa simultáneamente sobre un tramo de mayor longitud que en el caso precedente, y la tensión de la catenaria en el tendido es mayor; ambos elementos condicionan la eficacia de la barrera con alturas de ola y períodos importantes. No obstante, el comportamiento sigue siendo muy satisfactorio con alturas de ola de hasta 2.0 m en prototipo.



Fig. 19: Barrera en el canal (α=30º)

	H_m		
T_m	0.3 m	0.4 m	0.5 m
2.68 s	O	O	A
4.02 s	O	O	I
5.37 s	O	O	–
7.16 s	O	–	–

Tabla 2. Comportamiento de la barrera. Ángulo de incidencia 30º.
(O=óptimo; A=adecuado; I=inadecuado)

Con esta oblicuidad (α=30º), la cresta de la onda actúa simultáneamente sobre un tramo de mayor longitud que en el caso precedente, y la tensión de la catenaria en el tendido es mayor; ambos elementos condicionan la eficacia de la barrera con alturas de ola y períodos importantes. No obstante, el comportamiento sigue siendo muy satisfactorio con alturas de ola de hasta 2.0 m en prototipo.

CONCLUSIONES

Se ha diseñado una barrera oceánica de contención de hidrocarburos, con el objetivo de mejorar la eficacia de las barreras comerciales existentes en la actualidad en situaciones de oleaje, corrientes y vientos. El diseño cuenta con una faldilla de mayores dimensiones que las habituales, para evitar el fallo por drenaje del contaminante bajo la barrera. Adicionalmente, el francobordo se ha incrementado con respecto a los modelos comerciales por medio de una "vela" de mayor extensión vertical sobre el flotador. La forma de éstos se ha optimizado con ayuda de un programa de diseño empleado en ingeniería naval. En los extremos de cada módulo de barrera (15 m de longitud en prototipo) se han dispuesto elementos estabilizadores.

Por medio de 18 ensayos en modelo físico se ha analizado la eficacia de este diseño bajo la acción del oleaje. Se han considerado tres alturas de ola (en prototipo, 1.5 m, 2.0 m y 2.5 m), cuatro períodos (6 s, 9 s, 12 s y 16 s en prototipo) y dos orientaciones de la barrera respecto al oleaje incidente (a 30º y a 60º de los frentes de onda), con oleaje regular.

En función de la ocurrencia o no de rebase y de la estabilidad naval de la barrera se han definido tres niveles de servicio: óptimo, adecuado e inadecuado. El comportamiento de la barrera en cada ensayo se ha clasificado en uno de estos tres niveles. De este análisis de los ensayos cabe extraer las conclusiones siguientes:

1) El comportamiento de la barrera es óptimo cuando se tiende con una oblicuidad de 60º respecto al oleaje incidente. En ninguno de los ensayos correspondientes a este valor de oblicuidad ha habido rebase, ni siquiera con alturas de ola correspondientes a 2.5 m en prototipo.
2) Con una oblicuidad menor (30º), la barrera pierde eficacia como medio de contención con alturas de ola y períodos importantes. Específicamente, para una altura de ola de 2.5 m en prototipo (0.5 m en modelo) y un período de 9 s (4.02 s en modelo) se ha obtenido un nivel de servicio inadecuado, con rebases significativos.

   No obstante, hay que tener en cuenta que este valor de altura de ola es infrecuente en la bocana de la Ría de Ferrol. Por otro lado, con la misma altura de ola y un período menor, de 6 s en prototipo (2.68 s en modelo), el nivel de servicio de la barrera es adecuado.

3) Incluso con el menor valor de oblicuidad ensayado (30º), el comportamiento de la barrera es óptimo, sin ningún caso de rebase, para alturas de ola de 1.5 m y 2.0 m en prototipo.
4) Con vistas a optimizar la eficacia de la barrera, debe tenderse con la mayor oblicuidad respecto al oleaje incidente compatible con la anchura de la bocana o canal a cerrar y la longitud de barrera disponible.

En suma, el modelo de barrera oceánica de contención de hidrocarburos ha demostrado su eficacia como medio de contención de vertidos marinos en situaciones de oleaje.

Como continuación del presente trabajo, y de cara a optimizar el presente diseño, se ha trabajado en la modelización numérica de la barrera y se ha validado con ensayos adicionales. Se han realizarán asimismo ensayos en laboratorio con corrientes y se pretende realizar pruebas en mar con un prototipo.

REFERENCIAS

1.- Brown, H. M., Goodman, R. H., An, C.-F., Bittner, J. 1996. Boom failure mechanisms: Comparison of channel experiments with computer modelling results. *Spill Science & Technology Bulletin, 3(4), 217-220*.

2.- Delvigne, G. A. L. 1989. Barrier failure by critical accumulation of viscous oil. Proc. 1989 Oil Spill Conf. 143-148.

3.- Fang, F. and Johnston, A. J., 2001. Oil containment by boom in waves and wind, I: Numerical model, J. Waterway, Port, Coastal, and Oc. Eng., 127, 4, 222-227.

4.- Fang, J. and Wong, K-F., 2000. Instability of Oil Slicks Contained by a Single Boom, Proceedings ofthe Twenty-third Arctic and Marine Oil Spill Program Technical Seminar, Environment Canada, Ottawa,ON, pp. 447-468.

5.- M. H. Kima, S. Muralidharana, S. T. Keea, R. P. Johnson and R. J. Seymoura. Seakeeping performance of a containment boom section in random waves and currents. Ocean Engineering 1998; 25 (2-3) :143-172.

6.- Milgram, J. H. 1971. Forces and motions of a flexible floating barrier. *Journal of Hydronautics* 5, 41-51.

7.- Punt, M. 1994. Oil spill containment reevaluation. Oil Spill Containment Workshop Report, Vancouver.

8.- Robbins, R.J., 1970. The oil boom in a current. M.Sc. Thesis (M.I.T.)

9.- Swift, M.R., Coyne, P.M., Celikkol B., Doane C. W. 1996 Oil containment performance of submergence plane barriers. *Journal of Marine Environmental Engineering, 3(1)*, 47-61.

10.- Ventikos, N.P. Vergetis, E. Psaraftis, H.N. and Triantafyllou, G., 2004 A high-level synthesis of oil spill response equipment and countermeasures. Journal of Hazardous Materials, 107, 51-58.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL PROVOCADO POR LAS PINTURAS ANTIINCRUSTANTES UTILIZADAS EN LAS EMBARCACIONES DE RECREO EN LOS PUERTOS DEPORTIVOS DE GALICIA (ESPAÑA).

M. J. Rodríguez Guerreiro[1] Licenciada en Ciencias Biológicas, **J.A. Fraguela**[1] Doctor Ingeniero Naval, **G. González**[1] Doctor en Informática, **E. Muñoz**[1], Catedrático Ingeniería Industrial y **L. Carral**[1] Doctor Ingeniero Naval.

[1]Universidad de A Coruña, España

E-15403. C/Mendizábal. Ferrol (A Coruña). España.

e-mail: chus@udc,es, jafraguela@udc.es, gerardog@udc.es, emucam@cdf.udc.es, lcarral@cdf.udc.es,

RESUMEN

Desde hace 30 años existe una gran preocupación con respecto al efecto que sobre el medio ambiente ejercen determinados ingredientes activos de pinturas antifouling/antiincrustantes aplicadas a los barcos. En los años sesenta la industria química ha creado, entre otros, el compuesto organoestánnico, tributilo de estaño (TBT), el biocida y agente antiincrustante más eficaz jamás conocido, cuya misión es impedir el desarrollo de algas, moluscos y otros organismos que ralentizan el avance de las embarcaciones. A pesar de que su efecto tóxico es demoledor sobre la flora y fauna marina (R. Barreiro *et al.,* 2004) es utilizada por el 70-80% de la flota mercante mundial, debido al ahorro económico que genera en el consumo de fuel y en el menor mantenimiento en la operaciones de repintado (Champ, 2000). Pero la mayor concentración de TBT aparecía en zonas de importante actividad náutica: puertos deportivos, puertos comerciales y canales de navegación, pudiendo llegar a concentraciones de 50-200 ng/L (ppt) (Batley, 1996; Waite *et al.*, 1996). La costa gallega cuenta con 30 puertos deportivos y un total de 9000 plazas de amarre lo que suponía una amplia franja litoral expuesta a la acción del biocida TBT.

El convenio AFS adoptado por la OMI en Octubre de 2001 establece la obligación de eliminar los revestimientos con TBT activo en los barcos a partir del 1 de Enero de 2008. Dicho Convenio ha entrado en vigor el 17 de septiembre de 2008.

Actualmente las pinturas antiincrustantes contienen otros agentes activos teóricamente menos dañinos con el medio como por ejemplo el óxido cuproso. Teniendo en cuenta que la ,mayoría de las rías de Galicia han sufrido en los últimos años contaminación por cobre, el objetivo de este trabajo ha sido realizar una evaluación del impacto ambiental provocado por la contaminación de óxido cuproso contenido en las pinturas antiincrustantes, en el litoral gallego, en zonas de bajo intercambio de agua, como los puertos deportivos. Dicho estudio pretende ser extrapolable a cualquier zona del mundo afectada, dado que puede tratarse de una problemática global.

INTRODUCCIÓN

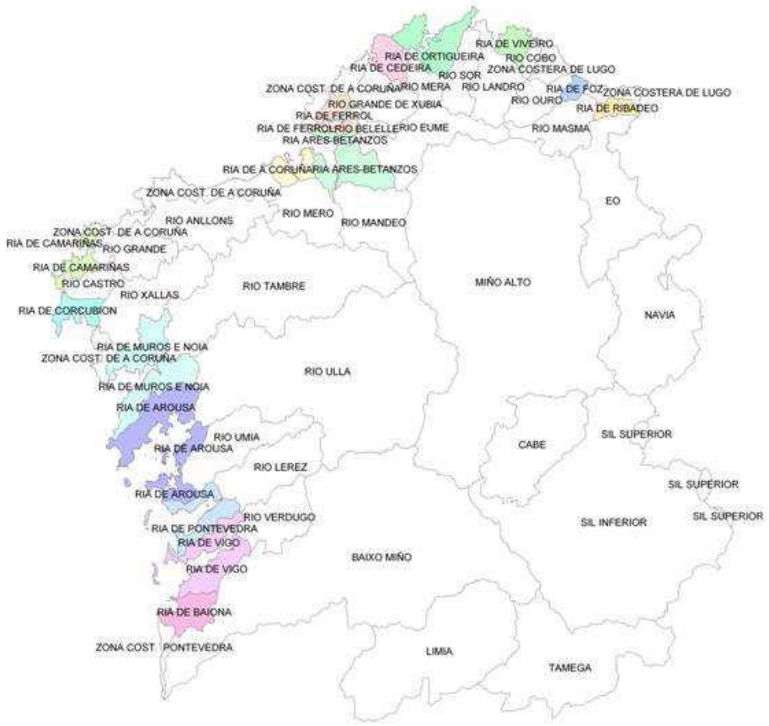
El *biofouling* puede definirse como "El fenómeno indeseable de adherencia y acumulación de depósitos bióticos, sobre una superficie artificial sumergida o en contacto con el agua del mar. Esta acumulación o incrustación consiste en una película orgánica compuesta por microorganismos empotrados en una matriz polimérica creada por ellos mismos (biopelícula), a donde pueden llegar y quedar retenidas partículas inorgánicas (sales y/o productos de corrosión) consecuencia de otros tipos de *fouling* desarrollados en el proceso. Esta biopelícula compuesta por microorganismos, *biofouling* microbiano o *microfouling*, puede dar lugar a la acumulación de macroorganismos, *biofouling* macrobiano o *macrofouling" (Eguía, E., 2000).*

Las pinturas *antifouling* se aplican sobre la superficie de obra viva de la embarcación para impedir la fijación de los organismos marinos. Su forma de actuar consiste en la liberación de sustancias bioactivas que envuelven la superficie tratada en un manto biocida que impide la fijación de los organismos, por lo que la concentración de toxinas en la capa de agua es la que determina el poder *antifouling* de la pintura.

Las investigaciones sobre nuevas formulaciones de pinturas antiincrustantes o *antifouling* que junto con los recubrimientos anticorrosivos y la protección catódica, constituyen un sistema de aplicación para la protección de los cascos de las embarcaciones, no cesa de avanzar, debido a la problemática medioambiental que generan los principios activos de las patentes utilizadas para tal fin (Arias E. *et al*. 1992, Eguía, E. 1996 y Van Rompay B. *et al*. 2009).

El Convenio Internacional sobre el Control de sistemas de pinturas antiincrustantes en los buques de 17 de septiembre de 2008 prohibe la utilización de pinturas antiincrustantes con TBT, aunque ya en el año 2003 se fabricaban pinturas antiincrustantes sin este principio activo. En los últimos años el óxido cuproso ha pasado a sustituir al tributilo de estaño en las embarcaciones de recreo gallegas.

Galicia es una Comunidad abierta al mar con una extensa línea costera de 1.309 Km litorales bañados al norte con el Mar Cantábrico y por el oeste con el Océano Atlántico. Sus rías, Rías Bajas (Baiona, Vigo, Aldán, Pontevedra, Arousa y Muros–Noya) y Rías Altas (Corcubión-Cee, Lires, Camariñas, Corme-Laxe, A Coruña, Ares-Betanzos, Ferrol, Cedeira, Ortigueira, O barqueiro, Viveiro, Foz y Ribadeo), constituyen una gran fuente económica debido al elevado potencial de pesca y marisqueo que poseen.



Actualmente, nuestras rías sufren grandes contaminaciones. Por ejemplo, entre otros factores, la alta intensidad de tráfico marítimo, ha provocado la llegada de muchos contaminantes al mar lo que supone que las aguas contienen compuestos sintéticos, tóxicos, bioacumulables y persistentes, frente a los que los organismos no tienen defensas ni mecanismos de eliminación (Pastor, 1988).

Según los datos recogidos por el Organismo Autónomo, "Augas de Galicia" perteneciente a la Consellería de Medio Ambiente de la Xunta de Galicia, el cobre forma parte del listado de contaminantes significativos vertidos sobre aguas superficiales, entendiéndose éstas como: ríos, lagos, aguas de transición y aguas costeras de la demarcación Galicia Costa.

En un estudio realizado por la Universidad de Santiago de Compostela para la determinación de la concentración de cobre, entre otros metales, en sedimentos intermareales de las principales rías de Galicia, se observa que en la rías de: Vigo, Pontevedra, Cambados, Pobla do Caramiñal, Noia, O Burgo y Ferrol cuentan con una contaminación muy elevada por cobre. El resto del litoral gallego presenta un enriquecimiento moderado para este elemento (Carral, E. *et al.* 1992 y Rubio, B. 2000).

A pesar de que la mayoría del cobre contaminante procede de vertidos industriales, este estudio pretende estimar la concentración de cobre que es utilizada en las pinturas antiincrustantes o *antifouling* de las embarcaciones de recreo ubicadas en los amarres de los puertos deportivos de Galicia, para valorar la importancia del cobre de dichas patentes desde el punto de vista medioambiental.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se procede al estudio de los puertos deportivos de Galicia en cuanto al nº de amarres totales clasificados según los metros de eslora, nº de plazas de tránsito, tipo de embarcaciones según sean a motor y/o veleros y el tanto % de ocupación en las distintas épocas del año. En la *Tabla 1* se recogen los datos.

Teniendo en cuenta todos los tipos de barcos que pueden permanecer en los amarres gallegos se calcula la superficie en m^2 de obra viva mediante la fórmula:

Eslora x (Calado + manga) x 0,5: para embarcaciones a vela

Eslora x (Calado + manga): para embarcaciones a motor

Los datos sobre las medidas de las embarcaciones se han tomado de la media aritmética de las 10 embarcaciones más representativas de cada tipo de las que se presentan en los amarres

gallegos. De las embarcaciones a vela se han elegido las de vela monocasco y de las embarcaciones a motor, las de motor lancha y motor cabinada.

Teniendo en cuenta los manuales náuticos más utilizados en Galicia se calculan los litros de patente: 10 m^2 de obra viva/ l de patente con un espesor de 125 µ. Los datos se representan en la *Tabla 2*.

Metros de eslora	m^2 de obra viva en embarcaciones		Litros de patente 10 m^2 de obra viva/ l de patente	
	Vela	Motor	Vela	Motor
< 6	--	10	--	2
6	11	17	2,2	3,4
8	14	27	2,8	5,4
10	24	42	4,8	8,4
12	32	55	6,4	11
14	45	74	9	14,8
16	55	86	11	17,2
18	70	105	14	21
>20	102	105	20,4	21

TABLA 2. **m^2 de obra viva en embarcaciones y litros de patente utilizada con dos capas de pintura.**

En la *Tabla 3* se realiza la estimación del consumo total de litros de patente al año en los amarres gallegos desglosado en los diferentes puertos.

PUERTO	Nº Amarres totales	Nº plazas de Tránsito	Nº amarres según los metros de eslora									Embarcaciones		Ocupación	
			<6	6	8	10	12	14	16	18	>20	Motor	velero	Invierno	verano
Ribadeo	564	20	44	316	124	47	12	13	5	3	--	85%	15%	100%	100%
Viveiro-Celeiro	207	20	--	38	81	73	5	10	--	--	--	85%	15%	50%	50%
A Pobra Do Caramiñal	281	28		30	95	81	52	19	3	--	1	60%	40%	82%	100%
Ares	341	26	--	124	108	63	40	--	6	--	--	60%	40%	100%	100%
A Coruña	353	10	--	--	106	107	29	34	--	12	8	30%	70%	60%	60%
Nautico San Antón Coruña	91	0	--	--	91	--	--	--	--	--	--	54%	46%	100%	100%
Nautacoruña	132	10	--	80	52	--	--	--	--	--	--	70%	30%	90%	100%
Marinaseca A Coruña	80	16	--	20	20	20	20	--	--	--	--	60%	40%	1%	80%
Marina de Oza A Coruña	700	70	66	250	30	181	88	42	31	10	2	60%	40%	90%	100%
Camariñas	83	63	4	8	8	40	23	--	--	--	--	20%	80%	24%	100%
Ortigueira	88	9+43	42	24		13			9			100%	--	100%	100%
Portosín	209	25	--	20	40	38	72	24	11	1	3	80%	20%	86%	100%
Ribeira	240	24	--	74	101	36	29	--	--	--	--	75%	25%	70%	100%
Sada	700	44	66	250	30	181	88	42	31	10	2	70%	30%	90%	100%
Beluso	62	0	--	37	15	5	5	--	--	--	--	80%	20%	100%	100%
Cangas Do Morrazo	279	28	--	119	104	19	23	3	--	--	1	60%	40%	80%	80%
Moaña	347	+17	--	73	161	80	25	--	8	--	--	40%	60%	90%	90%
Pedras Negras	134	13	10	54	54	4	4	4	2	2	--	40%	60%	90%	90%
Pontevedra	130	15	10	50	54	4	4	4	2	2	--	90%	10%	100%	100%
Portonovo	203	22	--	51	73	42	29	5	3	--	--	50%	50%	60%	100%
Montereal Baiona	232	232	--	70	100	36	20	--	3	--	3	20%	80%	55%	100%
Puerto Deportivo de Baiona	337	30	--	--	64	84	116	19	36	18	--	30%	70%	57%	71%
Sanxenxo	377	37	--	--	155	54	27	12	53	38	38	4%	96%	90%	100%
Tui	97	1	39		60							95%	5%	100%	100%
Punta Lagoa Vigo	333	5	--	39	32	5	93	75	--	19	2	60%	40%	40%	60%
Davila Sport Vigo	184	18	---	40		63		36			45	60%	40%	40%	60%
Liceo Marítimo Bouzas Vigo	395	40	--	26	166	64	41			95		50%	50%	80%	100%
Vigo	447	15		84	143	109	92	13		5	1	40%	60%	85%	100%
Vilanova de Arousa	232	46		80	76	60	10	6				60%	40%	70%	70%

Ferrol	428	5	--	338	90	--	--	--	--	--	--	99%	1%	99,9%	99,9%

TABLA 1. Datos sobre los amarres y embarcaciones de los Puertos Deportivos de Galicia

PUERTOS (metros de eslora)	L patente/ embarcación a vela del puerto	L patente/ embarcación a vela del puerto según % Embarcaciones de vela	L patente/ embarcaciones de motor del puerto	L patente/ embarcación a motor del puerto según % Embarcaciones a motor	TOTAL CONSUMO DE LITROS DE PATENTE/ AÑO
Ribadeo		15%		85%	
TOTAL	1508,8	226,32	2700,2	2295,17	2521,49
Viveiro-celeiro		15%		85%	
TOTAL	782,8	117,42	897,6	762,96	880,38
AP.do Caramiñal.		40%		60%	
TOTAL	1278	5112	2221,2	1332,72	6444,72
Ares		40%		60%	
TOTAL	1199,6	479,84	2077,2	1246,32	1726,16
A Coruña		70%		30%	
TOTAL	3354,8	2348,36	5672,4	1701,72	4050,08
S. A. A Coruña		46%		54%	
TOTAL	254,8	117,20	491,4	265,40	382,6
Nautacoruña		30%		70%	
TOTAL	321,6	96,48	552,8	386,96	483,44
M. seca A Coruña		40%		60%	
TOTAL	324	129,60	564	338,40	468
Oza A Coruña		40%		60%	
TOTAL	2965,8	1186,32	4907,2	2944,32	4130,64
Camariñas		80%		20%	
TOTAL	571,2	456,96	659,4	131,88	588,84
Ortigueira				100%	
TOTAL	--	--	476	476	476
Portosín		20%		80%	
TOTAL	1211,1	242,22	2023,6	1618,88	1861,10
Ribeira		25%		75%	
TOTAL	804	201	1418,8	1063,80	1264,8
Sada		30%		70%	
TOTAL	2965,8	889,59	5039,2	3527,44	4417,03
Beluso		20%		80%	
TOTAL	185	37	303,8	243,04	280,04
C. do Morrazo		40%		60%	
TOTAL	618,8	247,52	1104,2	662,52	910,04
Moaña		60%		40%	
TOTAL	1243,4	746,04	2202,2	880,88	1626,92
Pedras Negras		60%		40%	
TOTAL	400,8	240,48	1808,4	723,36	963,84
Pontevedra		10%		90%	
TOTAL	292	29,20	694,8	625,32	654,52
Portonovo		50%		50%	
TOTAL	781,8	390,90	1365	682,50	1073,40
M. Bayona		80%		20%	
TOTAL	829	663,20	1415	283	946,20
P. Bayona		70%		30%	
TOTAL	2143,8	1500,66	3605,6	1081,68	2582,34
Sanxenxo		96%		4%	
TOTAL	2864,2	2749,60	4272,8	170,91	2920,50
Tui		5%		95%	
TOTAL	90	4,50	264	250,80	255,30
Punta Lagoa Vigo		40%		60%	
TOTAL	1543,4	617,36	2921,4	1752,84	2370,20
Davila Sport		40%		60%	
TOTAL	1302	520,80	2027,20	1216,32	1737,12
Liceo M. Vigo		40%		60%	
TOTAL	2417,8	967,12	3790	2274	3421,12
Vigo		60%		40%	
TOTAL	1904,60		3303,8	1321,52	2464,28
V. de Arousa		60%		40%	
TOTAL	794,80	476,88	1385,20	554,08	1030,96
Ferrol		**1%**		99%	
TOTAL	995,60	9,95	1635	1618,65	1628,70
TOTAL					**54.380,76**

TABLA 3. Consumo total de litros de patente al año en los Puertos Deportivos de Galicia

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Puede observarse que los litros de patente consumida en los puertos de Galicia son 54.380,76 es decir, aproximadamente 55 toneladas de patente.

Según los datos suministrados por la empresa HEMPEL, una de las empresas fabricantes de pinturas para barcos más importantes del mundo, 20 litros de pintura contienen 10 Kg de óxido cuproso y cuando utilizaban el TBT como principio activo de las patentes, 20 Kg de pintura contenía 5 Kg de TBT. Con estos datos extrapolamos la cantidad de cobre que puede ser suministrada a la capa de agua laminar anualmente al conocer la cantidad de patente aproximada que se utiliza en las embarcaciones de recreo de los puertos deportivos de Galicia. Al mismo tiempo podemos comprobar con cuánto TBT dejamos de contaminar dichas aguas (*Tabla 4*).

Litros de patente utilizados por las embarcaciones de los Puertos Deportivos de Galicia anualmente.	Kg de principio activo de la patente/ litros de pintura	
	Cobre **10 Kg de óxido Cuproso/ 20 L pintura**	**TBT** **5 Kg TBT/ 20 L de pintura**
54.000 L	**27.000 L**	**13.500 L**

TABLA 4. Kg de cobre anuales suministrados a la capa de agua laminar por el empleo de pinturas antifouling en las embarcaciones de recreo de los Puertos Deportivos de Galicia con una ocupación del 100%.

Litros de patente utilizados por las embarcaciones de los Puertos Deportivos de Galicia anualmente.	Kg de principio activo de la patente/ litros de pintura	
	Cobre **10 Kg de óxido Cuproso/ 20 L pintura**	**TBT** **5 Kg TBT/ 20 L de pintura**
54.000 L	**24.000 L**	**12.000 L**

TABLA 4. Kg de cobre anuales suministrados a la capa de agua laminar por el empleo de pinturas antifouling en las embarcaciones de recreo de los Puertos Deportivos de Galicia con la ocupación real.

Gracias al esfuerzo que se ha hecho en la Legislación de los últimos años para prohibir la utilización de pinturas que contengan derivados orgánicos de estaño en las embarcaciones de eslora de menos de 25 m, en este estudio se observa que se ha evitado la contaminación provocada por 13,5 toneladas de TBT que podrían haber sido suministradas a las rías de Galicia en un solo año.

Actualmente el poder *antifouling* de las pinturas antiincrustantes recae sobre el óxido cuproso. Este compuesto es mucho menos dañino que los derivados del estaño, pero no deja de ser un compuesto biocida. El cobre actúa como agente algistático o alguicida en dos microalgas: *Tetraselmis suecica y Dunaliella salina (Rodríguez L. y Rivera D., 1995).* Entre la toxicidad que provoca en los crustáceos puede citarse sus efectos sobre las larvas nauplii de *Artemesia longinar*is, provocando mortalidad y alteraciones del movimiento natatorio, del crecimiento y desarrollo en los supervivientes. Los efectos letales sobre la población de determinados moluscos también ha sido estudiada, así en el estudio realizado por Acosta, V. y Lodeiros L. 2001, se descubre al cobre como un agente estresante del Mejillón Verde, *Perna viridis* a concentraciones elevadas del elemento. Otro dato que aporta el carácter destructor del cobre es que se ha convertido en los químicos más usados para controlar la "plaga" de los mejillones en estanques de cultivo de camarón (Portal, V. J. y Ching C., 2008).

La aportación de óxido cuproso al medio por parte de las pinturas antiincrutantes en las embarcaciones de recreo de Galicia durante el último año, es de 27 toneladas, si hubiese una ocupación del 100% y de 24 toneladas con la ocupación real del año 2008.

La Rías gallegas se encuentran protegidas por la legislación Europea, Española y Comunitaria. El hecho de que el elemento cobre esté contemplado en la Ley, Decretos y Reales Decretos señalados en la *Tabla 5*, como uno de los parámetros principales a tener en cuenta a la hora de valorar la calidad de las aguas, nos da idea de la importancia que este elemento tiene, desde el punto de vista de la contaminación marina.

CONTAMINACIÓN MARINA
Protección de las Rías de Galicia. Ley 8/2001 ***Calidad de las aguas continentales.*** Decreto de Galicia 130/1997 ***Aguas continentales aptas para la vida de peces.*** **Directiva 78/659/CEE** **Directiva 2006/44/CEE** R.D. 927/1988 O. M. de 16/12/1988 ***Aguas para cría de moluscos.*** **Directiva 79/923/CEE** **Directiva 91/492/CEE** **Directiva 2006/113/CEE** R. D. 927/1988 R. D. 345/1993 O. Del 20/12/1993 O. del 15/11/1994

TABLA 5. Legislación Europea, Estatal y de la Comunidad Autónoma Gallega que legisla el contenido en cobre de las aguas marinas.

CONCLUSIONES

De este estudio pueden extraerse varias conclusiones:

1. La gran cantidad de cobre que se suministra a las aguas de nuestras Rías gracias a las pinturas *antifouling* utilizadas en las embarcaciones de recreo de los puertos deportivos gallegos.
2. Debido a que las mediciones de la concentración total del cobre disuelto no proveen información sobre su disponibilidad biológica, ni sobre su toxicidad para los organismos, uno de los objetivos de nuestras futuras investigaciones será determinar la concentración de la fracción de cobre que está disponible a los organismos y que es potencialmente tóxica.
3. A pesar de que la amenaza medioambiental provocada por las sustancias tóxicas derivadas de los compuestos orgánicos de estaño ya está controlada, las nuevas pinturas antiincrustantes o *antifouling* con el óxido de cobre como principio activo mejoran la prevención de la contaminación del agua marina pero no la erradican por completo.

4. Se hace necesario formular revestimientos con componentes que no produzcan efectos nocivos en el ecosistema marino o métodos electroquímicos o técnicas que impliquen vibraciones para evitar de una manera "limpia" y sin contaminación alguna el efecto de *biofouling.*

AGRADECIMIENTOS

A la Directiva y personal de todos los puertos deportivos de Galicia por su atención e información recibida.

A D. Pere Catalá, Manager Fouling Control Spain-Group R&D de la empresa de pinturas HEMPEL S.A. por la ayuda prestada.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta, V. y Lodeiros L. 2001. Evaluación del efecto del cobre sobre juveniles del Mejillón Verde *Pernas Viridis* mediante la concenrtación de ADN y la relación ARN/ADN en el músculo abductor. FCV-LUZ. Vol XI. Nº 6: 485-490.

Barreiro, R., Quintela M. and Ruiz J.M. 2004. TBT e imposex en Galicia: Los efectos de un discrutor endocrino en poblaciones de gasterópodos marinos. Ecosistemas 13(3): 13-29.

Batley, G. 1996. The distribution and fate of tributyltin in the marine enviroment. En Tributyltin: case study of an environmental contaminant (de Mora, S. J., editor. Pp.21-61). Cambridge University Press, Cambrige.

Champ, M.A. 2000. A Review of organotin regulatory strategies, pending actions, related cost and benefits. The Science of the Total Enviroment 258:21-71.

Carral, E., Villares, R., Puente, X., Carballeira, A. 1992. En: A Contaminación mariña do litoral galego. Coord. Xaquín M. Penas Patiño. Ed. O Castro. Pp: 69:77.

Eguía E., 2000. Patentes antiincrustantes de base vinílica y de clorocaucho aplicadas sobre estructuras artificiales en la bahía de Santander. Estudios de investigaciones marinas. 1:5-12.

International Convention on the Control of Harmful Anti-fouling Systems on Ships. 17 de September de 2008.

Pastor, X. 1988. En: A Contaminación mariña do litoral galego. Coord. Xaquín M. Penas Patiño. Ed. O Castro. Pp: 9:24.

Portal, V. J. y Ching C. 2008. Uso del cobre para el control de poblaciones de mejillones en estanques de cultivo de camarón marino. Boletín Nicovita (www.nicovita.com.pc).

Reglamento (CE) nº 782/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de Abril de 2003, relativo a la prohibición de los compuestos organoestánicos en los buques.

Resolución MEPC 46(30) del 16 de noviembre de 1990. Medidas para contrarrestar los posibles efectos adversos del empleo de compuestos de tributilestaño en las pinturas antiincrustantes.

Rodríguez L. y Rivera D. 1995. Efecto del cobre y cadmio en el crecimiento de *tetraselmis suecica* (KYLIN) *BUTCHER* y *Dunaliella salina* TEODORESCO. Estudio. Oceanol. 14: 61-74.

Rubio, B. Nombela, M. A. y Vilas, F. 2000. La contaminación por metales pesados en las Rías Baixas gallegas: nuevos valores de fondo para la Ría de Vigo (NO de España). Journal of Iberian Geology. 26: 121-149.

Scelzo, M. 1997. En: Biología y pesquería de crustáceos decápodos en aguas templadas de Sudamérica. Coord. Wehrtmann, I. y Arana, P. Ed. Investigaciones Marinas. 25. 177-185.

Waite, M. E., thain, J. E., Waldock, J.M., Cleary, J. J., Stebbing, A. R. D. and Abel R. 1996. Changes in concentractions of organotins in water and sediment in England and Wales following legislation. En Organotin (Champ, M. A. and Seligman, P. f., editors), pp 553-580. Champan & Hall, London, UK.

ÍNDICE DE RIESGO DE LA FLOTA PESQUERA ESPAÑOLA DE LITORAL Y ARTESANAL

CORREA, FJ; SÁNCHEZ, JM; SAN CRISTÓBAL, JR
Departamento de Ciencias y Técnicas de la Navegación y Construcción Naval
ETS Náutica.
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA.
c/Gamazo, 1. 39004 Santander. España
correafj@unican.es

En los últimos cinco años, en las aguas del litoral español, se han vivido tragedias marítimas relacionadas con el sector pesquero que no nos pueden más que hacer meditar sobre los factores de riesgo de nuestra flota. La última gran tragedia, en aguas del Estrecho de Gibraltar, fue la del "Nuevo Pepita Aurora". Pero, en lugares tan distantes como el Mediterráneo, "Enrique el Morico"; el Cantábrico, "Nuevo Pilin"; o las temidas aguas gallegas, "Siempre Casina", "O Bahia"; se han sucedido los desastres, sólo el naufragio de los cinco pesqueros citados han provocado la muerte a 32 personas, además de la pérdida de los buques. En esta comunicación deseamos exponer nuestra metodología, de acuerdo con la OMI, para la obtención del índice de riesgo para diferentes categorías de buques pesqueros, en dónde contemplaremos tanto la probabilidad de accidentes, por cada millón de millas navegadas para los diferentes caladeros y tipos y subtipos de buques pesqueros, como las consecuencias de los mismos, evaluadas por gravedad e impacto económico. Para ello contamos con una base de datos de accidentes elaborada por nosotros, empleando diferentes fuentes complementarias, que abarca desde 1992 y está actualizada hasta diciembre de 2007, con más de 1500 accidentes de pesqueros de este tipo registrados y 80 campos por registro. Pero no deseamos quedarnos en la mera descripción y el cálculo frío de los índices, sino que también queremos aportar el análisis y concluir con la recomendación de medidas efectivas, tanto constructivas como de inspección y control náutico, que puedan ahorrarnos en un futuro próximo estos desgraciados eventos.

1. Objetivos y metodología

1.1 Objetivos

El objetivo fundamental del proyecto que hemos desarrollado en esta Universidad, junto con la UPC y Fomento, en el cual se fundamenta esta comunicación, es calcular el índice de riesgo de los buques que navegan por las aguas SAR españolas peninsulares.

Otros objetivos, que están ligados con la metodología para obtener este índice de riesgo, son los dirigidos a obtener el modelo de tráfico más preciso posible, con la finalidad de calcular las probabilidades de que ocurran accidentes en nuestras costas; y los ligados con las consecuencias de los accidentes., mediante la elaboración de una base de datos de accidentes lo mejor georreferenciada posible, con identificación precisa de los buques accidentados y sus circunstancias anteriores y posteriores al suceso.

1.2 El modelo de tráfico

Para dibujar y analizar el modelo de tráfico hemos colocado en tres fases escalonadas receptores AIS SR 162, a lo largo de toda la costa peninsular española, con un diseño de almacenamiento y representación de los datos AIS totalmente propio. No obstante, dado que la mayor parte de los buques de pesca, cuando hemos realizado el seguimiento, aún no contaban con emisores AIS, para el modelo de tráfico pesquero también hemos empleado las resoluciones del Ministerio de Agricultura y Pesca dónde se publican los censos de las flotas y los Reales Decretos que regulan el ejercicio de la pesca en los distintos caladeros.

1.3 Las bases de datos de accidentes.

Desde 2002 venimos empeñados en obtener una base de datos de accidentes que pueda convertirse en una herramienta eficaz y cómoda para facilitarnos el análisis de los accidentes marítimos. Tenemos actualizados nuestros registros, con más de 50 campos cumplimentados por accidente, para toda la costa peninsular española desde enero de 1992 hasta diciembre de 2007. Los expedientes sobre accidentes facilitados por Marina Mercante han sido complementados con consultas en Lloyds Casualty, en la OMI, en Equasis, y en la web en general, desde dónde se pueden obtener informes o artículos que nos pueden aclarar algún detalle de los mismos. Además, hemos procurado completar los datos de los buques siniestrados, por este motivo manejamos la enciclopedia Fairplay, las diferentes versiones actualizadas, la cual también empleamos para identificar los buques AIS, y una base de datos sobre pesqueros españoles generada por nosotros mismos, en base a los censos de pesqueros, la base que posee Marina Mercante y consultas puntuales, miles de ellas, al censo de la flota que posee la Secretaría General de Pesca.

2. Estadística descriptiva general.

Entre enero de 1992 y diciembre de 2007, la Dirección General de la Marina Mercante Española ha considerado como accidentes marítimos los sucesos acaecidos a un total de 6494 buques, clasificados genéricamente tal como se indica en el siguiente cuadro:

799	Mercantes
484	Otros
1569	Pesqueros
3642	Recreo

Tabla 1. Clasificación genérica de los buques accidentados en el período 1992-2007, el 43% pesqueros.

Estos accidentes han provocado la muerte a 388 personas, y la desaparición de 298, 470 fueron rescatadas heridas y 12.813 ilesas.

Tipo Buque	Pérdida total	No apto
Mercante	52	248
Otros	74	156
Pesquero	475 (30%)	653 (42%)
Recreo	591	1608

Tabla 2. Número de buques que resultaron no aptos o pérdida total después del accidente sufrido.

En total, 475 buques pesqueros han sido pérdida total, a los cuales debemos sumar los 653 que resultaron no aptos para navegar después del accidente.

En este período estudiado, han existido tres grandes contaminaciones y otras 24 moderadas, provocadas fundamentalmente por buques mercantes, pero también por dos pesqueros.

A continuación pasamos a examinar las variables más notables analizadas para los buques pesqueros.

2.1 Estadística descriptiva de los pesqueros

La tendencia anual de accidentes es descendente, en números absolutos, y también lo es con relación al total de las flotas, aunque no de forma tan acusada (ilustraciones 1 a 3).

El tipo de accidente es bastante variable desde el punto de vista anual (ilustración 4 y 5), aunque apenas si existe la variación estacional, con una ligera preponderancia del verano sobre el resto de las estaciones, el 27%, debido a la mayor actividad. El 61% de los accidentes podemos entender que se deben al estado de conservación de los pesqueros, frente al 39% que se deben a la operativa a bordo.

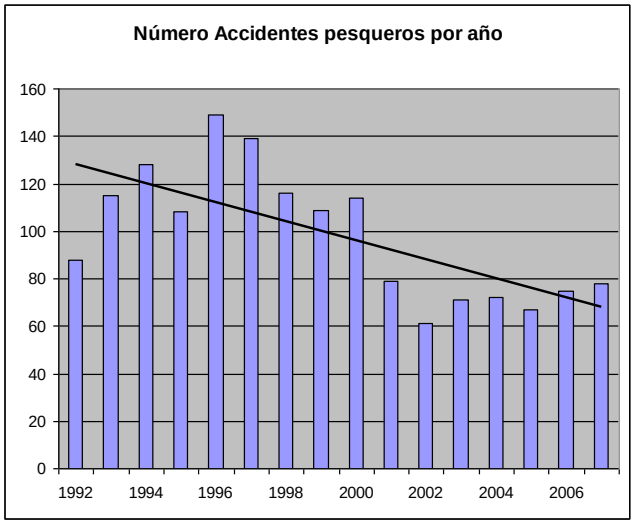


Ilustración 1 Evolución anual de los accidentes en los buques pesqueros españoles.

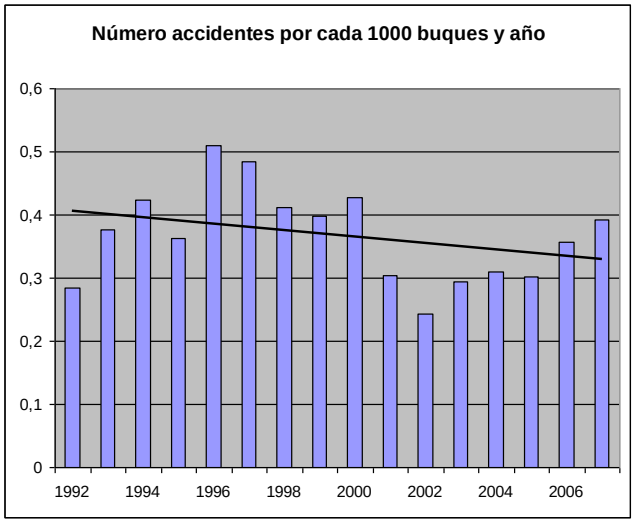


Ilustración 2 Accidentes por cada 100 buques de flota y año

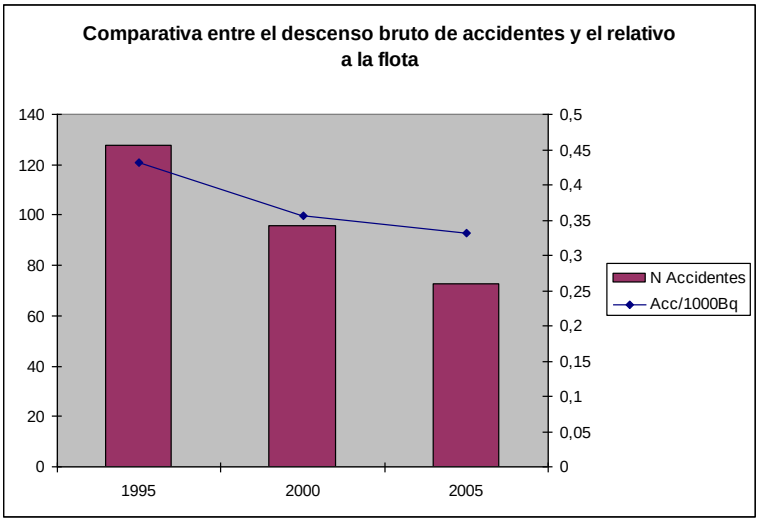


Ilustración 3 Relación entre el descenso bruto en los accidentes de buques pesqueros y el relacionado con el número de unidades que conforma la flota (promediado por quinquenio).

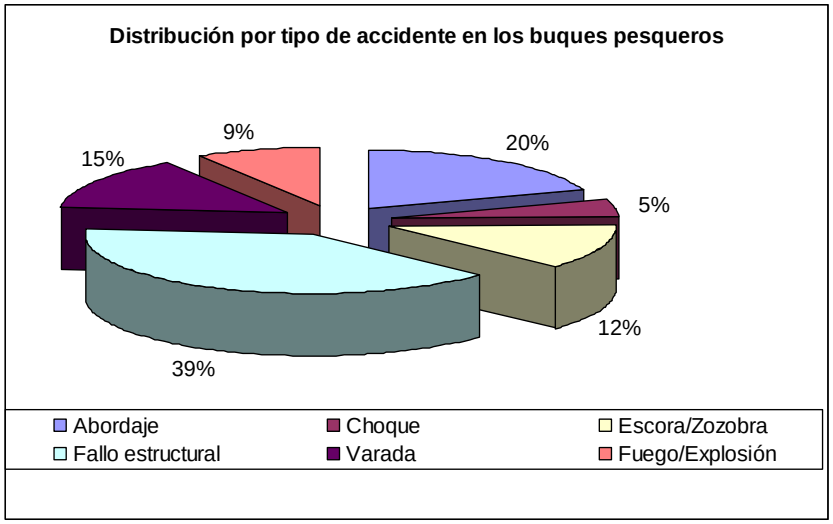


Ilustración 4. Los fallos estructurales es el accidente más habitual. Las zozobras sólo representan el 12% del total, aunque veremos que son los accidentes de provocan las consecuencias más graves.

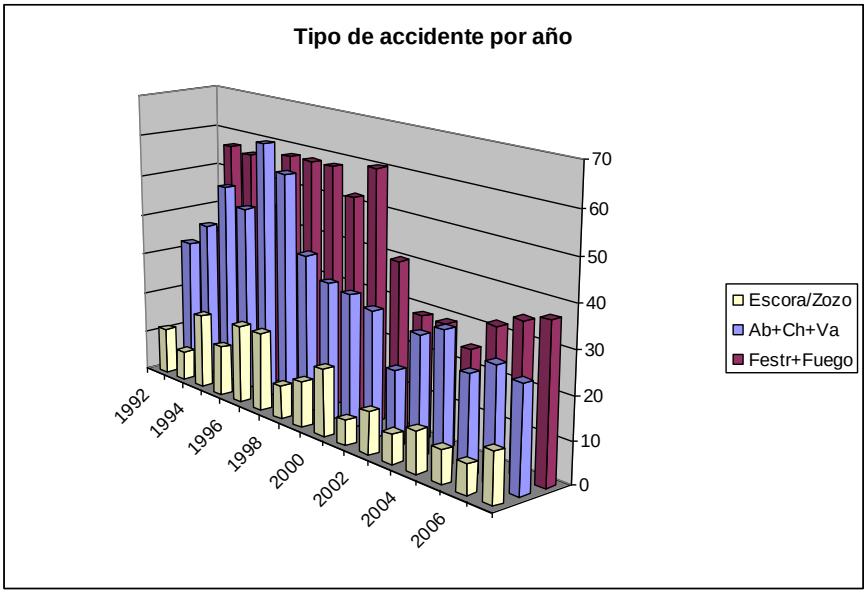


Ilustración 5. Podemos observar que la distribución anual por tipo de accidentes no es constante.

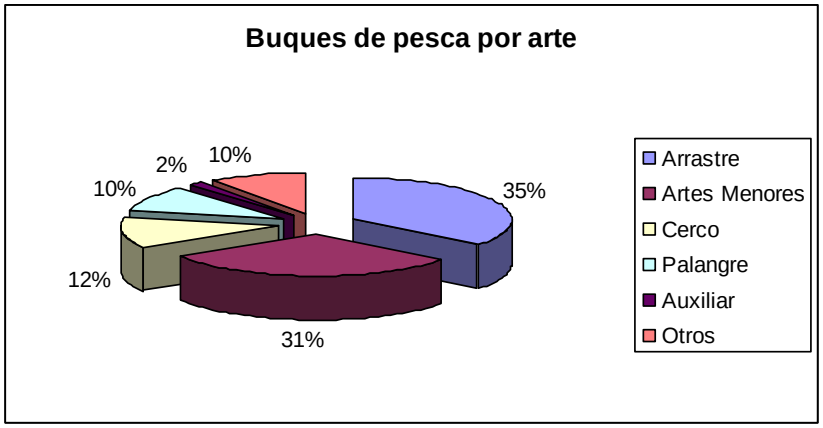


Ilustración 6. Pesqueros accidentados por arte de pesca.

Los buques de pesca de arrastre y artes menores y de casco de madera con una edad superior a los 20 años son los que más accidentes sufren, no obstante esta afirmación debe matizarse, puesto que el 74% de la flota pesquera española que faena en el caladero nacional tiene casco de madera, frente al 17% de acero y el 9% con casco de poliéster.

De esta manera, las probabilidades de accidente por cada 1000 buques de flota y año, son 4 veces superior en un pesquero con casco de acero que en uno de madera o de poliéster.

También debemos anotar que el 9% de los accidentes de los buques pesqueros con casco de acero fueron zozobras, frente al 11% de los de madera y el 16% de los de poliéster. Por el contrario, observamos que el 41% de los accidentes de los buques de madera fueron fallos estructurales, frente al 24% de los de acero y el 21% de los de poliéster. Es curioso constatar que el 37% de los accidentes que sufrieron los buques de acero fueron abordajes, frente al 26% de los de poliéster y sólo el 15% de los de madera.

El 67% de los pesqueros accidentados tienen más de 20 años. Pero, comparativamente, las pérdidas totales las sufren más los buques más jóvenes, el 39% de los buques de menos de 20 años accidentados fueron pérdida total.

El 40% de los accidentes los sufrieron buques de pesca con base en puertos gallegos, que es dónde se concentra la mayor flota. El 21% los protagonizaron buques con base en los puertos andaluces, también un 21% sumaron los pesqueros con base en el Mediterráneo, y un 17% los buques pesqueros con base en la cornisa Cantábrica.

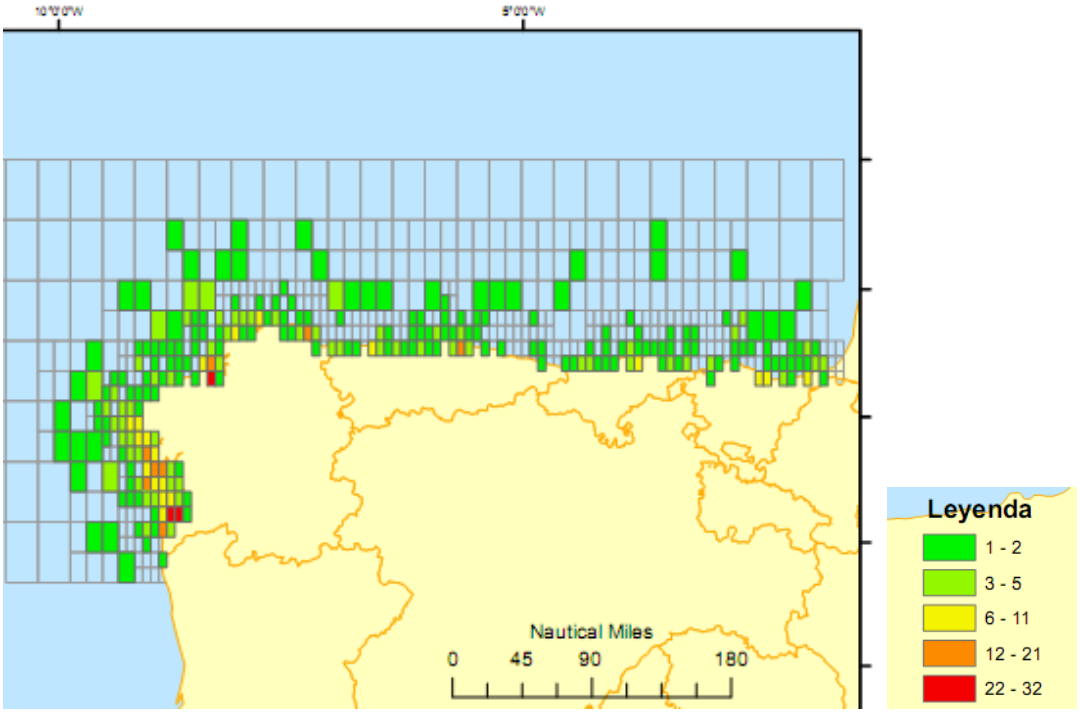


Ilustración 7. Distribución de los accidentes, contabilizados por cuadrícula, en la costa norte española.

3. Índice de Riesgo

3.1 Índice de Consecuencia

$$I_C = \log_{10} \sum pérdidas$$

El índice de consecuencia lo hemos evaluado de 1 a 4, de acuerdo con el siguiente cuadro (es evidente que un índice inferior a 1 no puede ser considerado accidente).

Accidente	Valor
Catástrofe	4
Muy grave	3
Grave	2
Leve	1
Sin daños	0

Tabla 3. Escala de las consecuencias de los accidentes marítimos.

El índice que representamos es logarítmico y para su establecimiento hemos partido de las definiciones de la OMI sobre accidentes graves y muy graves.

De esta manera, entendemos por un accidente muy grave, aquél en que concurren una o varias de las siguientes circunstancias: pérdida de una vida humana y/o pérdida total del buque y/o contaminación grave, que en el caso de hidrocarburos sería superior a 700 toneladas vertidas al mar.

En un accidente pueden perderse varias vidas o la contaminación puede ser de varios miles de toneladas, incluso el valor del buque o de la carga que transporta pueden hacer que nos debamos plantear diferenciaciones, por este motivo, hemos observado la catástrofe.

Además, no todos las consecuencias de los accidentes son iguales, dentro de una misma categoría (muy grave, grave…), de hecho se pueden observar importantes diferencias.

De esta manera, partiendo de estas premisas, el valor máximo que podría tomar la suma de todas las pérdidas es de 10.000, entendiendo que el valor mínimo asignado a un accidente muy grave es de 1000, de 100 a uno grave y de 10 a uno leve.

La única manera de evaluar desde un mismo sistema de referencia las diferentes consecuencias de los accidente es por su valor económico, pero desde la base de datos de los accidentes, incluso desde los expedientes o los informes es imposible conocer el valor económico, no obstante entendemos que podemos obtener valores fiables, desde el punto de vista de la evaluación de las consecuencias de los accidentes.

La valoración de la pérdida de vidas humanas se ha realizado en base a lo establecido por las leyes españolas como indemnización y también la práctica habitual de los seguros y tribunales. Por este y otros motivos, hemos valorado cada persona muerta o desaparecida en 1 millón de euros, en 250.000 las personas heridas, y en 10.000 el esfuerzo de evacuación de las personas que resultan ilesas. Por supuesto que está valoración económica tan sólo nos sirve como marco de referencia para establecer los coeficientes de pérdidas.

La valoración de los bienes, el buque pesquero y su carga, ha resultado ser un cálculo complejo, estimando éste, de acuerdo con diferentes fuentes. De esta manera, hemos establecido una escala logarítmica en la que estimamos un valor de 4 millones de euros para un pesquero de 600 Gt, de 0,5 millones para 60 Gt y de 0,12 € para 6 unidades de arqueo, ponderando en 8.000 euros el precio de una embarcación de 1 Gt. El valor del buque ha sido depreciado por la edad en el momento del accidente, en un 5% anual compuesto, dado que presumimos que los costes de mantenimiento aumentan con la edad del mismo.

La valoración de la contaminación es lo más complicado. De acuerdo con el Dr. Ian C. White[1], director de la ITOPF, entre los factores que afectan al coste de la limpieza de los vertidos se encuentran: el tipo de hidrocarburo; la cantidad vertida y la velocidad del vertido; las características físicas, biológicas y económicas del escenario del vertido; las condiciones atmosféricas y de mar; la época del año; la efectividad de la limpieza. Consecuentemente, podemos deducir que el tamaño del buque no tiene mucho que ver con el coste de la contaminación, de hecho, buques pequeños han protagonizado grandes catástrofes medioambientales. De esta manera, y de acuerdo con la referencia, en la que podemos leer que el 95% de los vertidos, incluidos los mayores, producen costes de limpieza inferiores a los 10 millones de dólares, pero existen excepciones en las que el coste se puede elevar a casi 2 millones de dólares por cada 100 toneladas vertidas. Teniendo en cuenta que el objeto de esta valoración es el cálculo de un índice de consecuencia y que el número de vertidos no ha sido notable, hemos considerado establecer cada uno de ellos estudiando cada caso particular.

También hemos valorado el hundimiento del buque, sus gastos de remoción o el impacto medioambiental, en el caso que ésta fuese imposible, en 1 millón de euros por cada 1000 Gt; también las arribadas forzosas, el remolque o el esfuerzo en el salvamento que no ha sido observado en los apartados anteriores.

---

[1] *White & Molloy* (2003) **Factors that determine the cost of oil spills** Internacional Oil Spill Conference 2003, Vancouver, Canada.

3.1.1 Cálculo práctico del índice de consecuencia para los pesqueros.

ID	Fallecid	Heridos	Ilesos	Perdida total	No apto	Averias	contar	contar	contamin	hundimien	arribada/ca	Total	Ic
282	1004	101	10,36	900,795699	100,27	0	0	0	0	100,67		2217,09093	3,34578351
4065	1004	101	10,04	900,159636	100,05	0	0	0	0	100,0393		2215,29215	3,34543101
3449	1004	101	10,04	900,001225	100	0	0	0	0	100,0056		2215,04723	3,34538299
1129	1004	101	0	900,005708	100	0	0	0	0	100,0045		2205,01211	3,34341098
5111	1032	0	10,04	902,349307	100,78	0	0	0	0	100,8703		2146,04271	3,33163836
4813	1040	0	0	901,049012	100,35	0	0	0	0	100,4483		2141,84698	3,33078844
751	1024	0	10,08	901,458048	100,49	0	0	0	0	100,6154		2136,63946	3,32973125
3450	1016	0	10,16	901,651312	100,55	0	0	0	0	101,2505		2129,61225	3,32830054
119	1004	0	10,28	902,205195	100,74	0	0	0	10,002	100,7184		2127,94016	3,32795941
2116	1008	0	10,24	902,15242	100,72	0	0	0	0	101,6111		2122,72099	3,32689292
5067	1020	0	0	901,047204	100,35	0	0	0	0	100,3418		2121,73807	3,32669177
3101	1020	0	0	900,512264	100,17	0	0	0	0	100,3444		2121,02742	3,32654628
404	1008	0	10,16	900,797287	100,27	0	0	0	0	100,571		2119,79405	3,32629367
1946	1008	101	10,16	900,456096	100,15	0	0	0	0	0		2119,76813	3,32628836
1076	1008	101	10,04	900,274113	100,09	0	0	0	0	0		2119,40548	3,32621405
3937	1008	0	10,08	900,218926	100,07	0	0	0	0	100,0936		2118,4655	3,3260214
3421	1008	0	10,04	900,237357	100,08	0	0	0	0	100,0775		2118,43398	3,32601493
1498	1008	0	10,12	900,131437	100,04	0	0	0	0	100,0939		2118,38915	3,32600574
3475	1004	102	10,2	901,119652	100,37	0	0	0	0	0		2117,69287	3,32586297
1855	1016	0	0	900,537836	100,18	0	0	0	0	100,2165		2116,93362	3,32570724

Tabla 4. Extracto de la sábana excel para el cálculo del índice de consecuencia.

En la tabla anterior observamos los 20 pesqueros de mayor índice de consecuencia. Aquí está indicado el ID del buque, el cálculo del índice de consecuencia para el número de fallecidos y desaparecidos (observamos que en todos los buques anteriores hubo algún fallecido y/o desaparecido), heridos y rescatados. Se valora la pérdida total del buque complementada siempre con la no aptitud para navegar, que pudiera reflejar sólo esta última circunstancia. En el caso que el buque resulte apto para navegar después del accidente, podrá tener unas averías que son valoradas, al igual que la contaminación que puede ser muy grave, grave o moderada, se valora también el buque hundido, con la consiguiente pérdida económica, aunque éste después se reflote, y otras circunstancias como el remolque, la arribada forzosa, la pérdida de carga o el esfuerzo de salvamento que no haya sido contemplado en las columnas anteriores. La columna IC, es el logaritmo en base 10 de la suma de la valoración de las consecuencias.

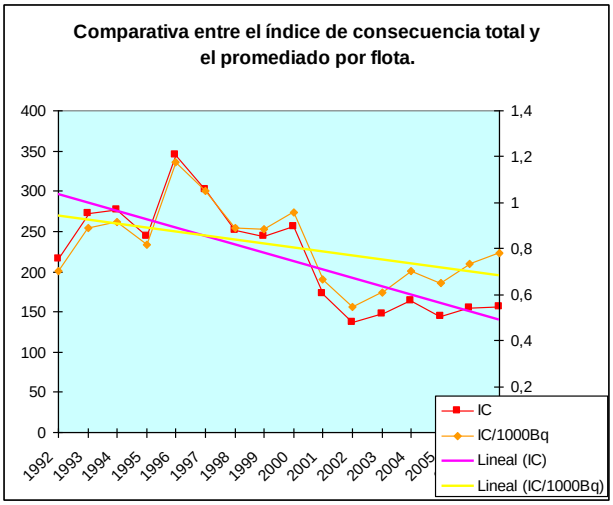


Ilustración 8. Índice de consecuencia por año, escala izquierda, y tendencia del mismo. Además del índice de consecuencia por cada 1000 buques de flota y año, escala derecha, y su tendencia.

En la ilustración 8 podemos leer, por años, el índice de consecuencia total y su tendencia claramente descendente. También podemos observar este mismo índice promediado y relacionado con cada 1000 unidades de flota. De esta manera, al observar la menor pendiente en esta segunda línea de tendencia, podemos afirmar que están disminuyendo las consecuencias de los accidentes de forma global, fundamentalmente debido al menor número de éstos, y también lo están haciendo las consecuencias en cada accidente particular.

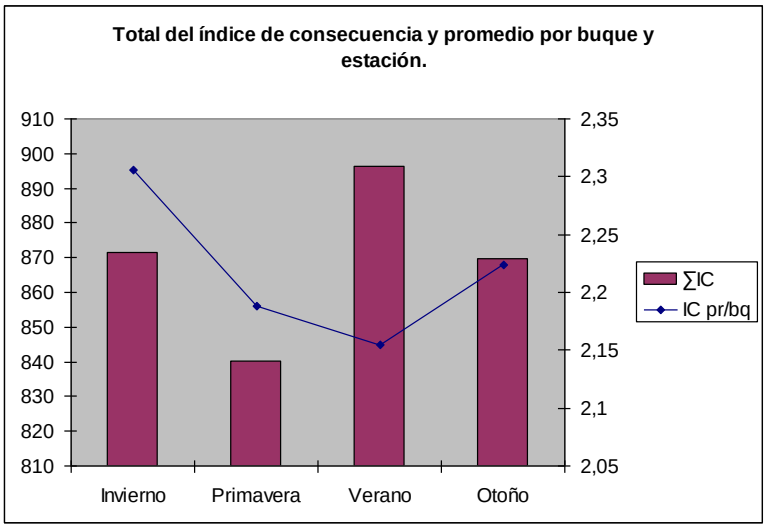


Ilustración 9. Aquí observamos claramente que en verano es cuando sucede el mayor número de accidentes y se requiere el mayor esfuerzo global en salvamento. Por el contrario, las mayores consecuencias de los accidentes por buque son durante el invierno, y las menores en verano.

3.2 Índice de Probabilidad

Para establecer el índice de probabilidad necesitamos un marco de referencia único y universal y este no es otro que las millas navegadas por los buques, esto es, el tiempo que están expuestos al riesgo.

3.2.1 Cálculo de las millas navegadas y la probabilidad para los buques pesqueros.

Para el cálculo de las millas navegadas por los diferentes tipos de buques pesqueros, dada la carencia de datos AIS, hemos empleado los diferentes censos publicados[2], además de los Reales Decretos dónde se regula el ejercicio de la pesca por estas flotas, aquí no tan sólo viene registrado el tamaño de los buques que faenan con un determinado arte y en el caladero

[2] Resolución de 15 de febrero de 2000 sobre el censo de las flotas de altura, gran altura y buques palangreros mayores de 100 trb que operan dentro de los límites geográficos de la comisión de pesca del Atlántico Nordeste. Resolución 10/7/2000 sobre buques pesqueros congeladores que operan en la zona NAFO. Resolución 24/2/2000 sobre el censo de buques palangreros menores de 100 trb que pescan en la zona VIIIa, b y d Resolución 27/3/2000 sobre el censo de buques Bacaladeros. Resolución de 15 de septiembre de 2000, de la Secretaría General de Pesca Marítima, por la que se hacen públicos los censos actualizados de buques del Caladero Nacional por modalidades de pesca.

indicado, sino que también nos anotan cuántos días a la semana o año pueden faenar y a partir de que veril o hasta que distancia del puerto base. Hemos tenido en cuenta el número de días de temporal al año y los días necesarios de reparación. La probabilidad de accidente por tipo de buque pesquero y caladero ha sido calculada para cada 100 millones de millas navegadas, lo que aproximadamente navegaría la totalidad de la flota, por tipo de arte, cada 5 años.

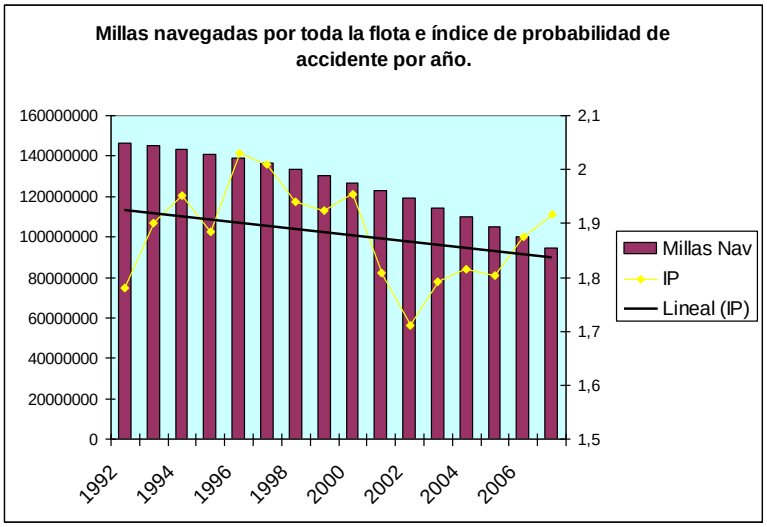


Ilustración 10. Representación de las millas navegadas por año y por la totalidad de la flota pesquera en aguas españolas de responsabilidad SAR y cálculo del índice de probabilidad (logarítmico), número de accidentes por cada 10^8 de millas navegadas, por año, con la línea de tendencia, ligeramente descendente.

3.3 Índice de Riesgo

Hemos obtenido el índice de probabilidad por flotas, esto es, por tipo de buques, por el contrario el índice de consecuencia lo hemos obtenido para cada buque, de esta manera calculamos el índice de consecuencia promedio para cada flota.

$$I_R = \log 10 \sum_1^n \frac{accidentes}{millasnav} + \log 10 \sum_1^n \frac{consecuencias}{accidentes}$$

El índice lo debemos observar como un indicador comparativo, no obstante de acuerdo con la OMI[3] y la matriz de riesgo que adjuntamos, deben adoptarse medidas a partir de índices de riesgo iguales o superiores a 4.

Consecuencia/Probabilidad	raro	poco probable	probable	muy probable
moderado	1	2	3	4
grave	2	3	4	5
muy grave	3	4	5	6
catastrófico	4	5	6	7

Tabla 5. Matriz de riesgo.

[3] **OMI** (2002). *Directrices relativas a la evaluación formal de la seguridad en el proceso normativo de la OMI.* MSC/Circ.1023 MEPC/Circ.392. 5 Abril 2002.

3.3.1 Resultados obtenidos para los buques pesqueros

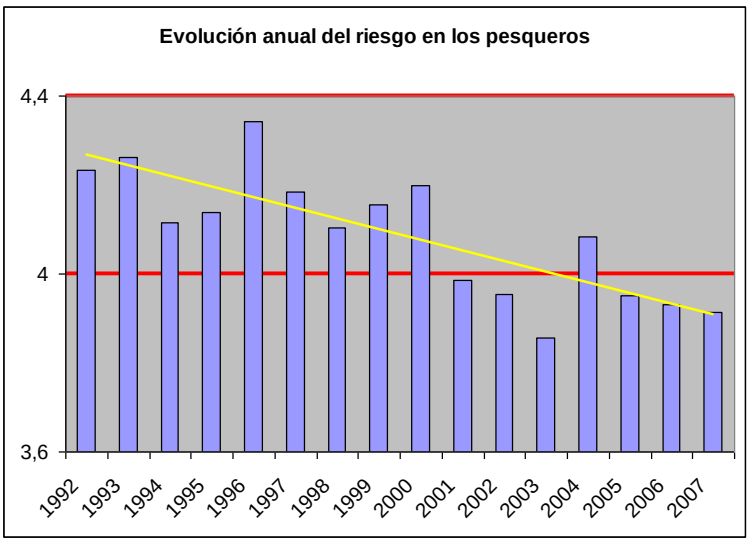


Ilustración 11. Desde 2001 el índice de riesgo global de la flota pesquera española está por debajo de 4.

Indudablemente, la evolución anual del índice de riesgo en los pesqueros españoles que faenan en nuestras costas está disminuyendo, y actualmente se sitúa justo por debajo de 4. Ya habíamos comprobado que no tan sólo ha descendido el número total de accidentes, y éstos con relación a las flotas, sino también la probabilidad de que sucedan los accidentes y las consecuencias de los mismos. Por tipos de buque y caladero, decir que todos los arrastreros tienen un índice de riesgo superior a 4, aunque los buques de mayor riesgo son los que faenan en el Cantábrico Noroeste.

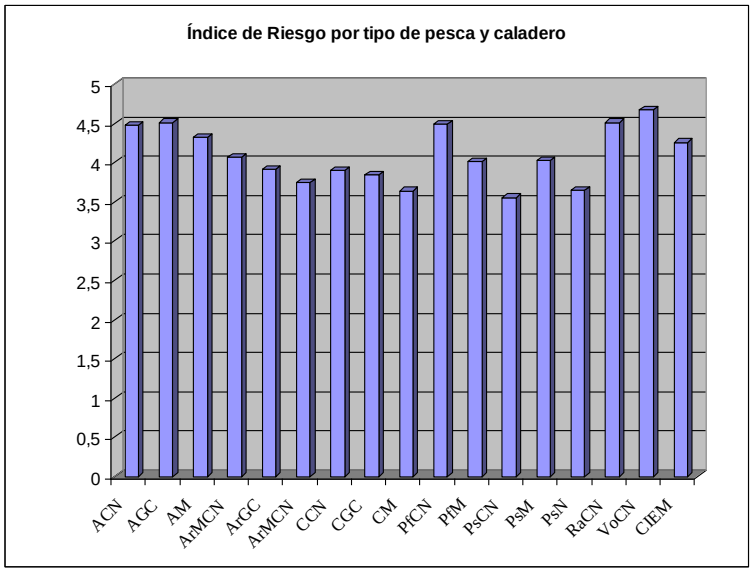


Ilustración 12. Observamos en la gráfica que el mayor riesgo lo tienen los buques que faenan en el Cantábrico Noroeste con volantas, muy parejos con los de rasco y los de palangre de fondo y arrastre del mismo caladero. Todos los buques de arrastre tienen un índice de riesgo superior a 4. Al otro lado, los buques de menor riesgo son los de palangre de superficie del Atlántico y todos los de cerco.

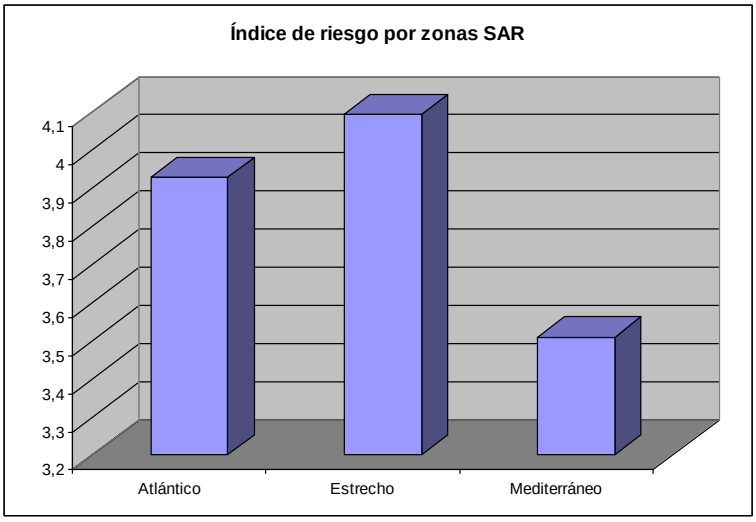


Ilustración 13. Índice de riesgo por zonas de responsabilidad SAR española.

El mayor riesgo de accidente de pesqueros se encuentra en el Estrecho de Gibraltar. Por Autonomías, es en las del Cantábrico dónde observamos el mayor riesgo. El mayor número de accidentes suceden, con diferencia, en la zona Atlántica, dónde también suman el mayor acumulado de consecuencias. Pero, por el contrario, la mayor probabilidad y riesgo de accidente la tienen los pesqueros que faenan en el Golfo de Cádiz y el Mediterráneo Andaluz.

Tipo Accidente	Nº acc	∑IC	millas nav	Probabilidad	IP	IC	IR
Abordaje	268	509,244953	126717610	13,218368	1,12117784	1,90016773	3,02134557
Choque	68	162,875154	126717610	3,35391427	0,52555196	2,39522285	2,92077481
Varada	194	409,601529	126717610	9,56852011	0,98084477	2,11134809	3,09219286
Fallo Estructural	531	1167,76809	126717610	26,1901246	1,41813757	2,19918662	3,61732418
Fuego/Explosión	117	266,963558	126717610	5,77070543	0,76122891	2,28173981	3,04296872
Escora/Zozobra	170	478,225765	126717610	8,38478567	0,92349197	2,81309274	3,7365847

Tabla 6. Índice de probabilidad, consecuencia y riesgo por tipo de accidente.

En la tabla 6, podemos leer que el mayor riesgo de accidente para los buques pesqueros es el relacionado con su estabilidad, aún siendo su probabilidad pequeña, sus consecuencias suelen ser muy graves (tabla 7). En segundo lugar, en riesgo, está el fallo estructural, en este caso por la probabilidad, siendo sus consecuencias menores. El abordaje, es el segundo accidente más probable, aunque es el accidente que normalmente tiene las consecuencias más leves.

	Ptotal	No apto	apto	Perd vidas	PV corr sin apto
Abordaje	0,19298246	0,43508772	0,37192982	0,05263158	0,083798883
Choque	0,48571429	0,32857143	0,18571429	0,02857143	0,035087719
Varada	0,24413146	0,45539906	0,30046948	0,07075472	0,101146005
Fallo estructural	0,29668412	0,52879581	0,17452007	0,02268761	0,027484144
Fuego/Explosión	0,34090909	0,45454545	0,20454545	0,03053435	0,038386041
Escora/Zozobra	0,64640884	0,2320442	0,12154696	0,64088398	0,729559748

Tabla 7. Consecuencias de los accidentes por tipo. Pérdida total de los buques o incapacidad para navegar, después del accidente, y pérdidas de vidas por accidente. Así podemos leer que casi el 65% de las escoras/zozobras da lugar a la pérdida total del buque ó que, por término medio, en cada accidente de este tipo, se pierden 0,64 vidas.

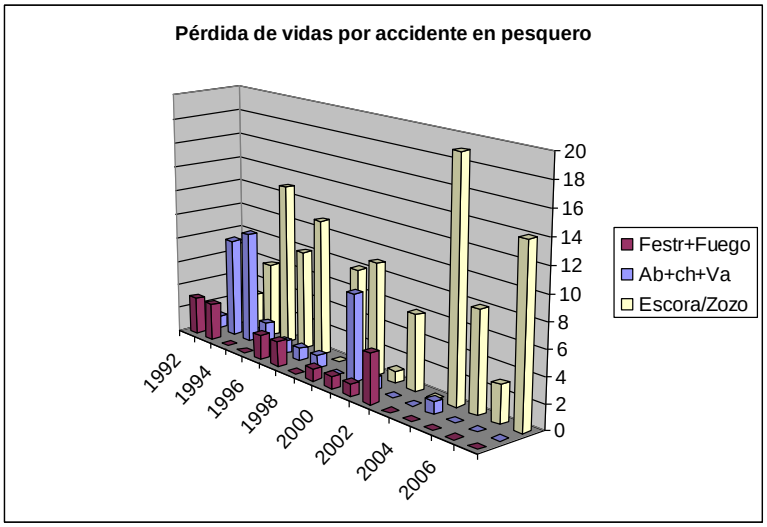


Ilustración 14. Pérdida de vidas por tipo de accidente. Debido a las escoras y zozobras se pierden algo más de 7 vidas al año. Los accidentes operacionales cobran 2 vidas/año y una los fallos estructurales y fuegos.

4. Análisis y correlación de variables.

El número de accidentes de los buques pesqueros españoles que faenan en aguas españolas peninsulares de responsabilidad SAR ha disminuido considerablemente en los últimos años, pero no así el número de accidentes por cada 1.000 buques de flota e, incluso, la probabilidad, por cada 100 millones de millas navegadas, de que un pesquero tenga un accidente es similar a la de hace un década, aunque la tendencia de esta probabilidad es ligeramente descendente, con una pendiente mucho menor que la del número de accidentes. También la mayor o menor gravedad de las consecuencias de los accidentes presenta un perfil ligeramente descendente en los últimos 15 años.

De esta manera, el índice de riesgo de accidente marítimo en los pesqueros, ha disminuido en los últimos 15 años, desde valores por encima de los cuales la OMI considera que se deben adoptar medidas, a valores tolerables, aunque siempre mejorables y siempre por debajo de 4.

Hemos analizado el riesgo por zonas SAR, caladeros, tipos de arte, no encontrado diferencias notorias, aunque, por supuesto, hemos apuntado los tipos de buques y zonas dónde el riesgo es superior a los valores que la OMI considera tolerables.

Además, hemos identificado dos tipos de accidente con un riesgo muy superior a los demás, el primero, los fallos estructurales, debido a la frecuencia con la que suceden, normalmente pequeñas vías de agua controlables, el segundo, más preocupante, las escoras y zozobras, por las graves consecuencias que depara, con importantes pérdidas de vidas y bienes.

Finalmente, hemos calculado el coeficiente de correlación de Pearson entre las diferentes variables que pudieran determinar los tipos de accidente, por el tipo de buque (material del casco, edad, tamaño, potencia…); la zona y tipo de pesca, las variables meteorológicas y estacionales, diarias y horarias.

Hemos comprobado que el coeficiente era elevado, próximo a 0,8, cuando hemos contrastado el caladero con el tipo de pesca o la región. Hemos observado que las actuaciones de los equipos de salvamento no se llevan a cabo de acuerdo a protocolos, puesto que el coeficiente de correlación entre el tipo de accidente y éstas es de 0,53. Hemos visto que apenas si existe relación entre el tipo de accidente y la edad de los pesqueros, su tamaño, la región y caladero dónde faenaban, el día de la semana o el estado de la mar. Por el contrario, hemos obtenido un coeficiente de correlación de 0,72 al relacionar el material del casco con el tipo de accidente y también entorno a 0,7, dependiendo de la zona SAR, al relacionar el puerto base y el tipo de accidente (este ha sido muy superior a 0,7 en Asturias, el País Vasco y Cataluña).

Este análisis habla por si sólo de las medidas correctoras a tomar, fundamentalmente encaminadas a la revisión de la estabilidad de determinados tipos de buques en puntuales puertos base.

5. Conclusiones.

Defendemos la metodología para el cálculo del índice de riesgo que nos sugiere la OMI y que hemos expuesto aquí, desarrollada por estos autores, como una manera mucho más clara que la estadística descriptiva clásica para la identificación y cuantificación de los riesgos para la navegación marítima, puesto que no tan sólo tiene en cuenta el número de accidentes, sino la probabilidad de que sucedan, de acuerdo con un parámetro común, y las consecuencias de los mismos.

Aunque el índice de riesgo global de la flota pesquera española que faena o navega por las aguas peninsulares de responsabilidad SAR es claramente descendente y, actualmente, está por debajo de 4, aún se debe hacer esfuerzos notables para disminuir las probabilidades de que sucedan accidentes y aminorar sus consecuencias, principalmente y en las flotas de arrastreros, para toda España y, para todas las flotas en el Cantábrico Noroeste.

También debemos subrayar el esfuerzo que debemos realizar en prevenir los accidentes por fallo estructural y por falta de estabilidad, los primeros por su frecuencia y éstos últimos por sus consecuencias.

Finalmente, advertir de la clara relación que existe entre los tipos de accidente y el puerto base de los pesqueros.

LA ENSEÑANZA DE LA EXPLOTACIÓN DEL BUQUE EN LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA NAVAL. EL *PLAN DE BOLONIA* EN LA U.P.M.

Gerardo Polo
Catedrático de Explotación del Buque
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales (Universidad Politécnica de Madrid)
gerardo.polo@upm.es

Hay una técnica de construir naves y otra de navegar, como hay una técnica de fabricar violines y otra de hacerlos sonar. Conviene saber la diferencia.

Oswald Spengler

Resumen.-

Hace ya mucho tiempo que se produjeron las primeras llamadas de atención especialmente relevantes sobre el papel que los ingenieros navales debían desempeñar en el amplio campo del transporte marítimo. Fue Peter Drucker quien primero mostró su sorpresa ante el hecho de que éstos se hubieran concentrado tradicionalmente en el estudio de las características técnicas del buque en tanto en cuanto éstas eran consecuencia y afectaban a su vez a su comportamiento en la mar, mientras permanecían prácticamente ausentes en el estudio de otras facetas del proyecto total, pese a haberse podido comprobar que algunos de los factores más importantes del coste del transporte marítimo se desarrollaban con especial virulencia durante la estancia del buque en puerto. Así, tradicionalmente los ingenieros navales se dedicaban al proyecto de buques con buenas condiciones marineras, mientras los aspectos "no marítimos" del problema quedaban frecuentemente ignorados, sin que alguien especialmente capacitado se ocupara de ellos. El hecho es que, por las razones que fuera, la ingeniería naval no supo advertir que antes o después había de enfrentarse no tanto a los problemas derivados de la navegación, cuanto a aquellos que se producían en tierra, durante la estancia del buque en puerto para el embarque y desembarque de las mercancías.

En esta línea de pensamiento, la ponencia trata de poner de manifiesto cómo puede hacerse frente con sentido práctico y orientación fundamentalmente académica al problema, señalando los conocimientos técnico-económicos básicos de los que debe disponer el ingeniero naval para mejor comprender el buque en su conjunto, tanto a efectos de mejorar su preparación puramente técnica, como para hacer frente profesionalmente a la problemática específica de la explotación del buque.

Se destaca, pues, la necesidad de dotar al estudiante de ingeniería naval de una formación amplia en el campo de la gestión de los sistemas, evitando así que su campo profesional quede constreñido al ámbito más reducido de la materialización del buque. En este sentido, la ponencia describe cuáles deben ser los conocimientos económicos, jurídicos y de gestión empresarial básicos para la necesaria capacitación de los ingenieros navales en la amplia problemática de la explotación del buque.

El trabajo refleja los trabajos realizados en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales de la Universidad Politécnica de Madrid para la elaboración del nuevo plan de estudios, de acuerdo con la línea marcada en los acuerdos de Bolonia suscritos por los países de la Unión Europea.

Introducción.-

El estudio del Tráfico Marítimo, contenido básico de los estudios de Explotación del Buque, debe analizarse cuidadosamente sobre la base de lo que en su primera acepción asigna el diccionario de la Real Academia Española de la Lengua al vocablo "tráfico", que es "acción de traficar" y, siguiendo con la definición de este verbo, "acción de comerciar, negociar con el dinero y las mercaderías". Tráfico marítimo es, pues, "negocio marítimo", "comercio por mar", "intercambio por vía marítima" –aunque pueda ampliarse en ocasiones al ámbito fluvial–, concepto amplio que contrasta con una noción más pobre –pero con frecuencia muy extendida– que limita el tráfico marítimo al simple "movimiento o tránsito de mercancías por vía marítima" –o, como decíamos antes, por vías de navegación interiores–, que constituye, por extensión, la tercera acepción del concepto, según la Real Academia Española de la Lengua.

Pues bien, si Tráfico Marítimo es negocio, intercambio, comercio marítimo, y la economía se ocupa del estudio de los fenómenos derivados de las relaciones de intercambio y de sus instituciones –y, por extensión, de los bienes y servicios que participan en dicho intercambio–, resultan evidentes las relaciones del Tráfico Marítimo con la Economía y, muy especialmente, con la Economía de la Empresa. En no pocas universidades e instituciones docentes la enseñanza de las materias a las que nos estamos refiriendo se encaja en los respectivos planes de estudio bajo el epígrafe de Economía Marítima o Economía del Negocio Marítimo (*Maritime Economics* o *Shipping Economics*).

En efecto, si bien algunos sólo han querido ver en el transporte una actividad productiva cuando se trata de una materia prima o de un producto semielaborado que han de sufrir un proceso de transformación posterior para convertirse en un bien de producción o de consumo, negando –en ocasiones radicalmente– la característica de actividad productiva al transporte de mercancías para el consumo inmediato, a estas alturas, y en términos puramente económicos, entendemos es indudable que por el mero hecho de su transporte de un punto de origen a otro punto de destino la mercancía, sea cual sea su estado y su futuro inmediato, sufre una transformación, transformación que forma parte del proceso productivo de dicho bien, en un sentido amplio.

Sabido es que cualquier proceso productivo tiene por objeto la obtención de un incremento de utilidad en los bienes, lo que puede producirse de cuatro formas diferentes: en las propias características físicas de los productos –y estaríamos hablando de transformación, en sentido estricto–, en su posición en el espacio –y nos estaríamos refiriendo al transporte–, en su disponibilidad en el tiempo –y estaríamos haciendo referencia al almacenamiento, la comercialización, la distribución, en sentido amplio– o en sus relaciones con los sujetos económicos –y se estaría reconociendo que la utilidad de los bienes depende de su poseedor–. Resulta evidente que mediante el reconocimiento de la actividad productiva del transporte desaparece la antinomia que en el hombre de la calle frecuentemente existe entre los términos industria y comercio, reconociéndose que ambas actividades forman parte del proceso de producción.

En todo caso, no estará de más recordar que el negocio marítimo constituye una industria de características muy peculiares y que su actividad se desarrolla normalmente en condiciones muy distintas de aquéllas en que habitualmente tiene lugar la mayoría de los procesos productivos. El profesor Pinacho[1] afirma que sus acusadas diferencias con otros sectores económicos han impulsado a muchos autores a afirmar que en el sector marítimo no se cumplen las leyes de la Economía del Transporte ni las generales de la Economía, señalando a continuación que tales afirmaciones constituyen a todas luces, una absoluta exageración y que el transporte marítimo se rige en realidad por las mismas leyes que el

[1] *Tráfico marítimo*, FEIN, Madrid, 2ª ed., 1996.

resto de los sectores económicos, si bien existen marcadas diferencias –más cuantitativas que cualitativas– derivadas del hecho de que el negocio marítimo constituye, dentro del marco general de la Economía –gobernado, por tanto, por las mismas leyes– lo que en lenguaje matemático se llamaría un "caso particular", es decir, un sector cuyos parámetros de comportamiento toman unos valores muy diferentes de los correspondientes a otros sectores (el carácter atípico de la oferta del transporte marítimo, expresivo de una reducción de ésta al incrementarse el flete, por rechazo de las cargas de retorno por parte de los armadores puede constituir un ejemplo válido a este respecto), de la misma manera que si bien para un profano elipse e hipérbola son curvas completamente diferentes, sin que aparentemente pueda encontrarse semejanza alguna entre ellas, para un matemático su diferencia es mínima: ambas son curvas de segundo grado, y tan solo se distinguen por la relación que existe entre determinados parámetros de la ecuación que representa su expresión analítica. Algo parecido a esto sucede con el transporte marítimo. Pero no sólo con el transporte marítimo, sino también con el transporte, en general, que tradicionalmente ha sido poco comprendido precisamente por sus particularidades, tan ajenas a las que caracterizan a otros sectores de la actividad económica, hasta el extremo de que Thomson define el mundo del transporte como un "espléndido caos", para concluir afirmando sin recato que la sabiduría de los economistas no ha logrado todavía dominar la turbulencia de la industria del transporte.

Pues bien, el ingeniero naval está llamado, entre otras cosas, a gestionar o, al menos, a participar en la gestión de la explotación del buque, con independencia de que el conocimiento de la misma le ha de facilitar su comprensión de no pocos aspectos puramente técnicos de la construcción naval. Entonces, ¿qué decir con respecto a la formación que, en este campo deben recibir los aspirantes a graduarse en una facultad o escuela de ingeniería naval?

En primer lugar, debe indicarse que la formación de quien haya de gestionar la explotación de un buque se encuentra a caballo entre la del empresario y la del gestor profesional de empresas.

En cuanto a la componente de empresario, si bien se dice que éste nace y no se hace, es obvio que cuanto mayor sea el nivel de su preparación teórica en su campo específico de actuación, en mejores condiciones se encontrará para llevar a buen puerto –nunca mejor dicho– su propósito. Pero es en su perfil de gestor profesional de empresas en el que el ingeniero naval responsable de la buena gestión del buque se verá más y mejor amparado por conocimientos de gestión empresarial que le permitan orientar racionalmente su acción hacia la finalidad pretendida.

El argumento contrario es bien conocido. Se nos dice que las antiguas civilizaciones nos han legado maravillas arquitectónicas sin que los constructores de aquellas épocas tuviesen la menor idea de las teorías físicas de la resistencia de materiales y sin necesitar para nada de las computadoras ni de las matemáticas del cálculo de estructuras. Una reflexión similar podría hacerse en el campo de la administración de empresas: todos conocemos biografías de grandes empresarios, creadores de imperios de la industria y el comercio, que no han tenido otra instrucción que la escuela primaria y que se han formado directamente en la escuela de la vida de los negocios. ¿Qué necesidad, pues, de una ciencia racional de la gestión empresarial? E incluso, una vez construida tal ciencia por los lunáticos de siempre –casi todos ellos profesores universitarios, sin experiencia de la vida empresarial real– ¿con qué autoridad presentan tal construcción científica ante quienes, ignorándola, han triunfado en el mundo de los negocios?

Pese a que tomar en consideración reflexiones como la precedente invalidaría los esfuerzos de la humanidad por comprender, por ejemplo, las leyes físicas y químicas que rigen la materia –¿para qué necesita el campeón de natación entender la mecánica de fluidos?–, tales argumentaciones, inexplicablemente, aparecen aún expuestas con cierta frecuencia de forma explícita o implícita. Apresurémonos a desecharlas. Conseguida una mayor y mejor comprensión del mundo que nos rodea,

el interés y el esfuerzo de las últimas generaciones de la humanidad se torna hacia cómo racionalizar nuestra inserción en él y sobre él. Es así como han nacido las ciencias de la acción, entre las que se encuentra la economía de la empresa, cuyo objetivo común es orientar la actuación del individuo o de los sistemas sociales hacia la consecución de los objetivos que unos u otros se proponen.

Es preciso, pues, enseñar economía de la empresa al ingeniero naval –proyectista, constructor o explotador– del buque para ayudarle a conseguir el objetivo de que su explotación sea rentable. Es ciertamente preciso enseñarle ese conglomerado de métodos, modelos y programas que en gran medida provienen de otras ciencias –la teoría económica, el derecho, la teoría de la organización social, la psicología, la contabilidad, la estadística, la investigación operativa, etc.– y que le capaciten para mejorar efectivamente la calidad de su toma de decisiones en el ámbito de la gestión. Porque, como ya nos hizo notar el filósofo, *no es lo mismo construir un violín que hacerlo sonar* y conviene saber la diferencia.

En consecuencia, ¿qué enseñar a este respecto al ingeniero naval en nuestros centros? Y ¿cómo enseñarlo?

Ante un mundo cuyas elites precisan cada vez más imaginar y poner en práctica respuestas de adaptación a situaciones de cambio permanente, es lógico que en la formación de nuestros universitarios se consideren con prioridad los objetivos formativos sobre los informativos. Las enseñanzas se han de orientar para desarrollar en el alumno mecanismos intelectuales que le permitan elaborar y asimilar nuevas informaciones y enfrentarse eficazmente a problemas nuevos y posiblemente insospechados en su época de estudios. El alumno, por su parte, también deberá cambiar su actitud mental habitual, de forma que sus objetivos educacionales no se detengan en el conocimiento, la comprensión y la aplicación, sino en tratar de alcanzar además un clima de flexibilidad intelectual que le capacite para aplicar teorías y métodos a hechos y situaciones nuevos para los que no haya sido instruido específicamente.

La explotación del buque y la economía, la administración y la gestión de la empresa.-

El objeto material de la economía de la empresa lo constituye la propia realidad empresarial, sobre la que aquélla desarrolla su actividad describiendo, interpretando y explicando los fenómenos empresariales en una triple dimensión técnico-económica o de producción en sentido amplio, financiera o de relación con el entorno económico y sociológica o relativa al grupo humano que en ella se integra a su toma de decisiones.

Por otra parte, se indicó más arriba que la economía asume como objeto específico de estudio los fenómenos derivados de las relaciones de intercambio y sus instituciones, fenómenos característicos de la actividad empresarial, que desde un punto de vista funcional puede subdividirse esquemáticamente en los siguientes campos:

- Actividad directiva y de gestión.
- Actividad de inversión.
- Actividad de financiación.
- Actividad de producción.
- Actividad comercial.

Estas actividades son las que tradicionalmente han sido objeto de estudio de la economía de la empresa, si bien a efectos docentes se han ido desmembrando en grupos afines por razones de eficacia académica.

La actividad directiva y de gestión se refiere al desarrollo del esquema clásico que responde a las necesidades de "prever, organizar, decidir, coordinar, controlar", cuya cobertura es de tanta significación para la empresa y cuyo estudio se acomete, fundamentalmente, en el ámbito de la organización y la administración de empresas.

La actividad de inversión se deriva del hecho de la existencia de una demanda insatisfecha en el mercado, demanda que para ser atendida exige la realización de unas inversiones. Se dirige, por tanto, a la elección de una estructura adecuada del activo empresarial, para lo cual las distintas alternativas han de ser valoradas y comparadas. Su estudio corresponde, en aquello que le es propio, a la economía de la empresa, mientras el estudio de los activos productivos se integra en el ámbito de la ingeniería de producción.

Intimamente relacionada con la anterior, la actividad de financiación se dirige a la búsqueda de los recursos financieros que posibilitan la inversión, a través del análisis de las fuentes financieras y sus respectivos costes, determinándose la estructura financiera empresarial óptima. Una y otra actividades, tan ligadas entre sí desde el punto de vista operativo por temas como el de la planificación financiera, son objeto de la gestión financiera en el ámbito de la administración de empresas.

Determinada la composición que se estima óptima tanto en lo que se refiere a las inversiones a realizar como en las fuentes de financiación precisas, la actividad de producción se ocupa del estudio de la fabricación y desarrollo de los productos o servicios que demanda el mercado, mientras la actividad comercial se dirige –vía investigación de mercados– a la determinación de las políticas de producto, precio, distribución y publicidad. No es necesario insistir en la profunda interconexión entre las actividades de producción y comercialización, que desde el punto de vista económico constituyen una única actividad de producción, en sentido amplio, como más arriba hemos tenido ocasión de ver. Estas actividades son estudiadas en el ámbito de la economía de la producción y, en su caso, de la gestión comercial.

En todo caso, y aún formando parte las actividades esquemáticamente enunciadas del vasto campo de estudio de la Economía, es evidente que no todas las empresas son iguales ni requieren análogos medios en cuanto al desarrollo de las distintas actividades. Existen numerosos criterios con arreglo a los cuales pueden clasificarse las empresas: criterios relativos a su dimensión (p. ej., PYMEs), grado de mecanización (p. ej., artesanales), forma de trabajo (p. ej., por encargo), etc. A nuestros efectos nos interesa una clasificación en función de la naturaleza de la actividad económica productiva que desarrollan, entendiendo la producción en sentido moderno, es decir, como actividad económica creadora de utilidad. Siguiendo, pues, esta orientación, las empresas pueden clasificarse en los cinco grupos siguientes:

- Empresas extractivas, creadoras de utilidad al aprovechar la naturaleza y las fuerzas naturales para la obtención de bienes. A este grupo pertenecen las empresas pesqueras, ganaderas, agrícolas, mineras, etc.

- Empresas transformadoras, que incrementan la utilidad de los bienes dándoles una forma más apta para su utilización que la primitiva en que los ofrece la naturaleza o aquella en que los reciben de otras empresas.

- Empresas de transporte, que aumentan la utilidad de los bienes mediante su desplazamiento en el espacio y su puesta a disposición de los usuarios en zona más

próxima al lugar en donde han de ser utilizados.

- Empresas comerciales, que producen un incremento en la utilidad de los bienes al ofrecerles a quién los desee en el tiempo y la medida en que los necesite.

- Empresas de prestación de servicios, que crean utilidad facilitando la realización de todas las actividades anteriores. A este grupo pertenecen las compañías de seguros, la banca, las agencias de publicidad, etc., por cuanto no puede desconocerse la utilidad que supone el dar a conocer un producto, producir seguridad o abrir una línea de crédito, actividades todas ellas que facilitan el desarrollo del resto de las actividades económicas.

Pues bien, centrándonos concretamente en el ámbito específico de la explotación del buque, término que emplearemos en el más amplio de los sentidos, abarcando por completo lo que en un principio hemos llamado negocio marítimo o tráfico marítimo, es evidente que nuestra disciplina cae de lleno en el tercer grupo de los anteriormente señalados, es decir, su objeto se va a desarrollar precisamente en la empresa de transporte, concretamente en la empresa naviera o empresa de transportes marítimos.

Y dentro de ese ámbito que delimita su campo de actuación en función precisamente de la actividad económica que se desarrolla, la explotación del buque va a estudiar no solamente la actividad de producción, en ese sentido amplio ya señalado de producción como actividad capaz de incrementar la aptitud de los bienes para satisfacer las necesidades humanas, sino que hará incursiones frecuentes y en ocasiones extensas al resto de actividades empresariales características de la empresa de transportes marítimos.

Ahora bien, centrándonos en el ámbito de los planes de estudios de ingeniería naval, es lógico que, tratadas con un carácter más general –o menos específico– las actividades de dirección y gestión, de inversión y de financiación en otros ámbitos de la carrera –concretamente en los correspondientes a Economía y Gestión de Empresas–, se concentre ahora especialmente la atención sobre la actividad económica de producción realizada *en* y *por* la empresa naviera, si bien sin perder de vista la vertiente de aplicación práctica de conocimientos especializados procedentes del estudio de otras fuentes.

En todo caso, y dado el carácter interdisciplinar de nuestra materia, el temario pondrá de manifiesto la natural interconexión de unas ramas de actividad con otras y la necesaria referencia a ello durante el estudio de los diferentes temas.

Ello es lógico, por cuanto la íntima trabazón entre lo económico, lo jurídico y lo técnico se manifiesta de tal manera en el transporte marítimo, que difícilmente puede el estudioso de la explotación del buque deslindar en muchos casos lo que a uno y otro campo pertenece, por cuanto resulta difícil, si no imposible, estudiar un problema económico de tráfico marítimo sustrayéndose a toda consideración jurídica, llamada a darle forma, y a toda técnica naval, llamada a suministrar con sentido instrumental expresión adecuada a los fenómenos técnicos relacionados con las unidades de producción –los buques– que el empresario utiliza en el desarrollo de la actividad que le es propia.

Naturalmente, que en el campo de la explotación del buque, como en el la economía y del derecho, existen problemas de los cuales puede predicarse su carácter eminentemente técnico, ya sea técnico puro, ya técnico-económico o técnico-jurídico, si bien en muchos otros casos, tal vez la mayoría, esta separación es menos patente y obliga a manejar conceptos de las distintas ciencias e instrumentos de las diversas técnicas.

De hecho, situados ante un problema de explotación del buque y su correspondiente aplicación práctica, pese a su apariencia de problema eminentemente técnico, no cabe negarle su significado tanto económico como jurídico. Sin llegar a hacer de la técnica empresarial marítima fórmula mágica que todo lo resuelve y aclara, tampoco debe reducirse a la simple misión de arte –ni siquiera ciencia– que para algunos tiene como mero auxiliar del economista, primero, y del jurista, después. Los expertos técnicos navales son propensos a sobrevalorar la importancia y significación de su disciplina, atribuyéndole incluso significación jurídica; los juristas se muestran reacios a reconocerle otra importancia de la que se deriva de ser simple medio de prueba, subestimando así su valor para el derecho; los economistas, en fin, se sirven de ella con sentido instrumental, aprovechando su información y datos al modo como lo hacen también con la estadística o la contabilidad. Entre posturas tan extremas deberemos encontrar un justo medio, sobre todo teniendo en cuenta que los mantenedores de una u otra posición responden, en general, en sus ideas al campo del que proceden.

Es preciso conocer, por tanto, las dificultades que el estudio de la disciplina puede ofrecer, desde este punto de vista, para quienes no reúnen la condición de jurista o de economista puro, pero sin embargo se ven obligados a acercarse a ambos dominios desde el ángulo de su especialidad, el tráfico marítimo y sus naturales protagonistas, la empresa naviera como organización y el naviero como titular jurídico de la misma.

La explotación del buque y la ingeniería naval.-

Si bien su desarrollo ha sido cosa del último cuarto del pasado siglo, la economía marítima no es una disciplina nueva en el amplio campo de la ingeniería naval. El advenimiento del vapor y la progresiva generalización de su empleo para la propulsión en los buques propició el interés profesional de los técnicos hacia el estudio de las características principales de los buques basándose en planteamientos de carácter económico. Tal vez la primera contribución escrita que quede de ello sea la memoria presentada por James R. Napier, armador escocés, en la Sociedad Filosófica de Glasgow en 1.865 con el título "Sobre la velocidad más rentable para un vapor a plena carga en un viaje determinado". Dicho trabajo, cuyo título podría corresponder a algún estudio realizado ciento quince años más tarde, concluía así:

> "Estos cálculos muestran que para obtener el máximo beneficio de un capital invertido en buques, estos deberían construirse de acuerdo con el tráfico al cual van a ser destinados. Y como la resistencia al avance de los cuerpos flotantes en la superficie del agua es suficientemente conocida a estos efectos, un arquitecto [ingeniero naval] hábil podrá, sin demasiados problemas, proyectar un buque capaz de transportar un cargamento determinado en un cierto tráfico conocido, buque que será más rentable que cualquier otro de construcción similar pero de diferente velocidad y, consecuentemente, de distinto tamaño y potencia: esto es lo que debería hacerse; y es, creo, lo que los armadores deberían desear".

Desgraciadamente, tan prometedoras ideas permanecieron prácticamente escondidas a lo largo de casi un siglo, y fue preciso llegar a los últimos años de la década de los cincuenta para que se empezara a notar una inquietud sistemática por la cuestión, inquietud que se ha ido traduciendo posteriormente en la inclusión de su problemática en los diversos planes de estudios universitarios en distintas facultades y escuelas, así como en la enseñanza de postgrado de diversas instituciones docentes.

Estas enseñanzas pretenden contribuir a que el ingeniero naval pueda situarse frente a una problemática a la que en absoluto es ajeno y profundizar en el papel que como tal ingeniero naval puede y debe jugar en el ámbito de la gestión y explotación de los sistemas de los que forma parte el producto de la técnica naval –el buque–, sin limitarse únicamente al campo más reducido de la materialización de dicho producto –la construcción naval–.

En todo caso, va estando cada día más claro que la problemática económica no es en absoluto ajena al proyectista o al técnico en general, y que éste debe desempeñar un papel de primera magnitud en el campo de la gestión de los sistemas, sin quedar constreñido el ámbito más reducido de la materialización de la fase productiva propiamente dicha. Se ha ido superando así, poco a poco, el anticuado –y restringido– concepto de la ingeniería que, basado en la eficiencia física como patrón de medida, limitaba su actuación al diseño, construcción y funcionamiento, lo que ha puesto de manifiesto su íntima conexión con la economía.

Basados en esta línea de pensamiento, hoy día resulta sorprendente el notable desequilibrio con el que se produjo el desarrollo en algunos sectores industriales a lo largo de muchos años, concretamente, tras el período de reconstrucción posterior a la segunda gran guerra. En efecto, mientras los esfuerzos en investigación y desarrollo se centraban con demasiada frecuencia en el ataque a determinados componentes del coste de los productos –particularmente a los materiales, combatidos mediante la normalización, por un lado, y el empleo de nuevas materias primas, por otro; y a la mano de obra, a través de la automatización, primero y de la *robotización* después–, la verdad es que algunos problemas del sistema productivo, y en ocasiones no precisamente los más triviales, permanecían en gran medida ignorados o, cuando menos, no se les prestaba la atención que merecían. Así, y paradójicamente, durante años convivieron sistemas avanzados de producción con métodos atrasados de transporte y manipulación, de lo que se derivó una clara falta de desarrollo conjunto de las diversas técnicas, impidiéndose en muchos casos la aparición de los beneficiosos efectos de la homogeneidad de tratamiento del sistema productivo durante las distintas fases del proceso.

El transporte marítimo fue, sin duda, una de esas fases del sistema total a las que tradicionalmente se le dedicó menos atención, posiblemente porque desde los estrechos horizontes que servían de punto de referencia al análisis de los procesos productivos no se alcanzaba a ver su integración plena en la cadena total. El resultado fue que, mientras la ingeniería naval se concentraba fundamentalmente en el estudio del comportamiento del buque en la mar, la evolución de las condiciones económicas de la explotación en el transporte marítimo hacía que alguno de los factores más importantes del coste del mismo alcanzara su máximo exponente precisamente durante la estancia del buque en puerto.

En efecto, el desarrollo tecnológico de los transportes a todos los niveles –y los buques no constituyeron excepción a este respecto– estuvo dominado durante bastante tiempo por una misma cuestión de fondo: ganar tiempo. Y como la ganancia de tiempo en navegación, forzando el factor velocidad –y, por tanto, la potencia desarrollada y el correspondiente consumo de combustible– no podía ser apreciable en el estado actual de las técnicas de propulsión y conllevaba, por otra parte, un coste marginal que no estaba en relación con la eventual disminución del tiempo invertido, no quedaba más solución que buscar el recorte por otras vías: concretamente, por la reducción de la estancia de los buques en puerto.

Y esta reducción de las estadías en puerto, que se traduce directamente en una mayor productividad del buque –al poder efectuar un mayor número de viajes anuales, lo que en definitiva representa una

reducción de los costes unitarios del transporte–, había que buscarla, lógicamente, en una mejora del rendimiento en la manipulación de las mercancías durante las operaciones de carga y descarga de las mismas. De ahí que fueran surgiendo nuevos métodos, a través de los cuales, y mediante la reunión de pequeños bultos de carga en "paquetes" homogéneos susceptibles de ser manipulados formando unidades de tamaño normalizado, o bien fraccionando elementos de carga mayores en unidades asimismo normalizadas para su manipulación mecánica, para llegar en definitiva a los sistemas de unificación (o *unitización*), tales como la integración previa de la carga (*pre-eslingado*), la utilización de la paleta (*paletización*), el contenedor (*contendorización*), el camión y el semi-remolque (*"rolonización*"), la barcaza, etc.

En este sentido, hace ya bastante tiempo que se viene llamando la atención sobre el papel que la ingeniería naval debe jugar en el amplio campo del transporte marítimo. Desde la sorpresa de Peter Drucker –¡en 1964!– ante el hecho de que los ingenieros navales se habían visto tradicionalmente reducidos a concentrarse en el estudio de las características técnicas de los buques en tanto en cuanto éstas son consecuencia y afectan a su comportamiento en la mar, habiendo permanecido prácticamente ignorados en las restantes fases del proyecto total, pese a constituir un hecho contrastado el que algunos de los principales factores del coste del transporte marítimo se desarrollan durante la estancia del buque en puerto, hasta la constatación de que, curiosamente –y de forma absurda–, los que requerían a los ingenieros navales para el proyecto de buques con buenas condiciones "marineras", bien reservaban para sí mismos el estudio de los aspectos "terrestres" del problema, bien frecuentemente –lo que es más grave– no hacían nada para que alguien con capacitación se ocupase de ello.

En realidad, parece, por otra parte –y es de justicia reconocerlo así– que, sea por las razones que sea, tampoco la ingeniería naval advirtió en su momento el rumbo que iban tomando los acontecimientos, de forma que, hasta que no se vio inmersa de lleno en el proyecto de buques para los distintos sistemas de carga unificada no, advirtió, por fin, que empezaba a enfrentarse a asuntos no marítimos o, más aún, que el sistema de transporte marítimo no era algo independiente que tenía forzosamente su principio y su fin junto a un muelle de carga, sino que existían aspectos "terrestres" –como las operaciones de embarque y desembarque de mercancías– a los que era preciso dedicar atención .

Tal vez en ello tenga algo que ver la práctica inexistencia de ligazón entre los distintos modos de transporte en los programas universitarios, así como la casi total falta de referencia a la problemática del transporte y de la distribución que tradicionalmente han puesto de manifiesto las escuelas de ingeniería naval.

El hecho es que, a nuestro juicio, para llenar el vacío en este sector del sistema total de proceso el ingeniero naval puede ser el candidato idóneo, pues su competencia, avalada por la amplitud y complejidad de sus tareas tradicionales en busca de compaginar requerimientos contradictorios y conceptos universales para desarrollar proyectos viables, coherentes y equilibrados, que abarcan multitud de detalles comunes con otros medios de transporte, junto con una permanente puesta al día en técnicas en continua evolución y una sólida formación económica, constituirán la mejor garantía para abordar el problema del establecimiento y valoración de alternativas inherente al análisis de los sistemas de proceso.

Afortunadamente, hoy día parece estar claro –al fin– que la evolución de las características técnicas del buque a lo largo del tiempo constituye prueba evidente de que la adaptación del mismo al tráfico –y a esto se refería ya Napier en 1865– es consecuencia directa de la configuración de la estructura del coste del transporte marítimo. Sin embargo, y de ello se ha hecho ya referencia en esta ponencia, el problema del transporte marítimo no debe contemplarse,

ni mucho menos, como un problema específico de explotación del buque, sino como algo de mayor amplitud, que se integra de lleno en el proceso productivo y de distribución de las mercancías. El problema del transporte marítimo debe afrontarse, pues, con amplitud de miras, teniendo presente que la necesaria adecuación del buque al tráfico debe producirse en el seno de un proceso de armonización más amplio: el de adaptación del subsistema de transporte marítimo al sistema total de producción / comercialización / distribución de los productos; y mientras aquélla tendrá su base, como se ha dicho, en el conocimiento riguroso y pormenorizado de la estructura de costes del transporte marítimo, ésta se sustentará, en gran parte, en el cambio de forma de la mercancía, que ha hecho realidad los distintos sistemas de carga unificada..

Esta es la filosofía básica que inspira la concepción del encaje de las enseñanzas de la Explotación del Buque en el conjunto de los estudios de ingeniería naval, en contacto con otros estudios estrictamente técnicos –"Proyectos", "Construcción Naval" y "Teoría del Buque", principalmente–, pero muy particularmente con un permanente contacto y colaboración los estudios de Economía, que constituyen requisitos básicos indispensables para profundizar en los temas propios de la explotación del buque. En todo caso, hay que entender que las líneas de estudio e investigación interdisciplinares constituyen punto de arranque insustituible para el desarrollo armónico de los conocimientos de nuestra especialidad de la ingeniería.

Los estudios de ingeniería naval en el *Plan de Bolonia* de la Universidad Politécnica de Madrid.-

Llegados a este punto, hemos de referirnos al proyecto de Plan de Estudios para adaptar las enseñanzas de la Universidad Politécnica Madrid al acuerdo europeo de Bolonia, cuya implantación está prevista para el curso 2010-2011[2], y concretamente los estudios de Ingeniería Naval y Oceánica, que se imparten en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales, de Madrid, se prevé queden estructurados en función de las actividades profesionales a desempeñar por los futuros titulados, con arreglo a lo que es normal en los principales países marítimos desarrollados.

Son muchas las actividades profesionales tecnológicas ligadas al ámbito de la Ingeniería Naval y Oceánica (proyecto, ingeniería de fabricación, dirección de obra, inspección técnica, seguridad, salvamento y rescates, apoyo logístico, planes de mantenimiento, transformaciones, reformas y grandes reparaciones, gestión de las industrias marítimas, etc.), actividades que se desarrollan, principalmente, sobre los siguientes sistemas tecnológicos:

- Buques y embarcaciones de todo tipo
- Plataformas y artefactos flotantes y fijos (diques flotantes, buques y artefactos para la exploración y aprovechamiento de recursos marinos, etc.)
- Viveros marinos, acuicultura y sistemas de pesca
- Industrias marítimas (astilleros, navieras, etc.)

El campo de actuación de estas actividades de la Ingeniería Naval y Oceánica es, como decimos, tan amplio que en los principales países marítimos europeos, americanos y asiáticos, se han venido distribuyendo tradicionalmente en las siguientes profesiones:

[2] Dicho proyecto de Plan de Estudios fue aprobado sucesivamente por la Junta de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales, la Comisión de Gobierno y el Consejo Social de la Universidad Politécnica de Madrid y actualmente está siendo sometido a estudio por la ANECA (Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación).

- *Naval Architect*, graduado universitario que desempeña actividades relacionadas con el proyecto básico (Especificación, plano de formas, disposición general, requisitos de potencia, estructuras, estabilidad, etc.), procesos de construcción, reparación, conversión y mantenimiento de buques e inspección de trabajos de su ámbito.

- *Marine (*ó *Maritime) Engineer*, graduado universitario que desempeña actividades relacionadas con el proyecto básico (Selección adecuada de maquinaria, motores diesel, turbinas de gas y vapor, motores y generadores eléctricos, etc.) así como el proyecto de sistemas mecánicos, eléctricos, de fluidos y de control de buques y en los procesos para su construcción, reparación, conversión y mantenimiento e inspección de trabajos de su ámbito.

- *Ocean (*ú *Offshore) Engineer*, graduado, o máster de especialidad, que desempeña actividades relacionadas con el proyecto básico (Especificación, plano de formas, disposición general, requisitos de potencia, estructura, estabilidad, etc.), procesos de construcción, reparación, conversión y mantenimiento de plataformas o artefactos para el aprovechamiento de recursos oceánicos (Fósiles, de energías renovables y pesqueros) e inspección de trabajos de su ámbito.

- *Naval Engineer (ó Naval Architect and Marine Enginer*), máster capacitado para concebir y proyectar soluciones técnica, económica y ambientalmente adecuadas a las necesidades del transporte marítimo de personas y mercancías, de la defensa y la seguridad marítimas, y para la gestión de empresas del ámbito marítimo.

La adaptación de las enseñanzas de la ETSIN al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) ha constituido una oportunidad para efectuar una revisión a fondo de las enseñanzas de la Ingeniería Naval, para –respetando la normativa establecida al respecto de programar las enseñanzas en fases (graduado y máster, aparte del doctorado)– acomodar éstas a los sistemas más modernos existentes en el mundo.

En este sentido, el Plan contempla la existencia de tres titulaciones básicas de graduado y una cuarta con el grado de máster:

- Graduado en Arquitectura Naval.
- Graduado en Ingeniería Marítima.
- Graduado en Ingeniería Oceánica.
- Máster en Ingeniería Naval y Oceánica.

Las tres primeras están dirigidas a proporcionar –en cuatro cursos académicos– a los correspondientes titulados las competencias básicas especificadas más arriba, mientras el Máster –en dos cursos académicos más– complementa los estudios anteriores y proporciona a los titulados las competencias profesionales máximas relativas a la arquitectura e ingeniería naval y oceánica.

En todas las titulaciones la Explotación del Buque y de las Industrias Marítimas tiene un ámbito específico de gran importancia, como corresponde a la cada vez mayor relevancia de la economía en todos los campos de la vida moderna.

La enseñanza de la explotación del buque en los estudios de ingeniería naval.-

Llegados a este punto es preciso plantearse el problema en el terreno de lo práctico, dirigiendo la atención a la situación del alumno destinatario de las enseñanzas. Se trata, en los estudios de graduado

–tanto en arquitectura naval como en ingeniería marítima e ingeniería oceánica–, de un estudiante que recibirá, en el segundo año de carrera, junto con las clásicas materias técnicas que integran el módulo de enseñanzas básicas –matemáticas, física, química, expresión gráfica, informática, etc.– una primera inmersión en la problemática económica a través del estudio de unos "Principios de Economía y Gestión de Empresas" para, al año siguiente, entrar de lleno en la Explotación estudiando "Transporte Marítimo y Legislación" (6 créditos ECTS) [Arquitectura Naval e Ingeniería Marítima] o "Explotación y Aprovechamiento de Recursos Marinos" (4 créditos ECTS) [Ingeniería Oceánica].

Y para el grado de Máster, existe un módulo completo de gestión (18 créditos ECTS en total) en el que se impartirán: "Ampliación de Transporte Marítimo" (4 créditos ECTS), "Explotación de buques y puertos" (3 créditos ECTS), "Economía y Gestión de Empresas Marítimas" (4 créditos ECTS), "Apoyo logístico integrado" (3 créditos ECTS) e "Ingeniería de sistemas aplicada" (4 créditos ECTS),

Nuestra experiencia personal en este campo es que el estudio, tras una introducción general a la Economía, de la "Explotación del Buque" contribuye a abrir horizontes al estudiante, facilitándole su entrada en la problemática del mundo del transporte marítimo, facilitándole la ampliación de su base de conocimientos e incluso capacitándole para una mejor comprensión de los aspectos puramente técnicos de la carrera. Se trata de superar así el anticuado y restringido concepto de la ingeniería al que antes nos hemos referido, que limitaba su campo de actuación al diseño, construcción y funcionamiento, con la eficiencia física como único patrón de medida. En este sentido, las enseñanzas de la "Explotación del Buque" complementarán la formación económica del alumnado, ahondando en la vertiente empresarial del negocio marítimo, de suerte que a través del conocimiento de los fundamentos y de las técnicas del mismo alcance una más profunda comprensión de los conceptos que rigen el proyecto del buque, contribuyendo de este modo a que, en el campo de la construcción naval, sea superado el frecuente vacío que existe entre producción y explotación, técnica y economía y. en el de la explotación de los transportes marítimos, pueden avanzar quienes sientan su desarrollo vocacional orientado hacia esta área, abriendo así caminos al estudio específico de temas de contenido económico-marítimo, difíciles de mantener como opciones o alternativas en planes de estudios frecuentemente cerrados o poco flexibles.

¿Cómo organizar y distribuir las enseñanzas? Sin duda caben opciones diversas al respecto. Nosotros nos vamos a limitar a dar unas ideas de cómo se ha intentado vertebrar un programa de estudios en esta materia, contando con la tradicional limitación de tiempo en que suelen moverse nuestros estudios universitarios, pero incluyendo en todo caso las materias que juzgamos básicas para la formación de los ingenieros navales en este campo.

La asignatura de "Economía y gestión de empresas" (6 ECTS) [2º curso, 1er cuatrimestre] recoge los conceptos clásicos económicos y jurídicos necesarios para iniciar la andadura en cualquier industria con un temario de carácter muy general:

- Fundamentos de la Economía. El mercado. La oferta y la demanda. El precio.
- Los costes. La competencia en el mercado.
- Introducción al Derecho. Formas de empresa.
- Instrumentos jurídicos del tráfico mercantil. Contratos. Sus tipos.
- La contabilidad: definición, estructura y organización. Las cuentas anuales. Balance y Cuenta de Resultados.
- Análisis económico y financiero. Selección de inversiones.
- Control de costes.

Posteriormente, en 2º curso [2º cuatrimestre] se estudia "Transporte marítimo y legislación" (6

ECTS), con un temario que pretende situar al estudiante frente a la problemática general del transporte y del tráfico marítimo en concreto, analizándose brevemente sus características fundamentales, y su importancia como subsector económico, a la par que se entra en el estudio de la formación del coste del transporte marítimo yen el análisis de su estructura y de los diversos componentes del mismo. A continuación se entra la descripción del negocio marítimo –el *producto* de la industria del transporte marítimo– y la adecuación al mismo de la correspondiente *unidad de producción*, el buque, estudiando los diversos tráficos principales que conforman el conjunto del mercado de fletes –mercancías, tipos de buque, tráficos principales, oferta y demanda de transporte, fletes, cuenta de explotación, etc.–, así como los sistemas de transferencia y acceso, horizontal y vertical, a bordo y en tierra, con descripción de los distintos tipos y los correspondientes requerimientos de carácter técnico para la manipulación de las mercancías, influencia sobre la concepción del buque y el desarrollo del proyecto. La última parte recoge brevemente los contenidos básicos de un curso clásico de derecho marítimo: el buque, personas involucradas en el transporte marítimo, contratos, seguro marítimo, riesgos, daños y accidentes y asistencia y salvamento, etc. El temario es el siguiente:

– Comercio internacional y transporte marítimo.
– Estructura y componentes del coste. Economías de escala.
– Análisis subsectorial de los principales tráficos: graneles líquidos y sólidos, carga general, pasaje. Disposición general de los buques a ellos dedicados.
– Adaptación del buque a la mercancía a transportar. Buques de transferencia horizontal y vertical. Sistemas de acceso y manipulación. Importancia económica. Selección de sistemas.
– Derecho Marítimo. La navegación y su regulación.
– El naviero y sus colaboradores. La propiedad del buque. Registro y abanderamiento. Hipoteca naval y privilegios marítimos.
– Contratos de explotación del buque.
– El contrato de seguro marítimo. Averías y accidentes.

Hasta aquí, los estudios de los graduados. Ya en el Master, y dentro del Módulo 4.3 Gestión y Explotación de industrias Marítimas, se afronta el estudio de "Ampliación de transporte marítimo" (4 ECTS), continuación de la asignatura anteriormente descrita, que pretende ayudar a profundizar en la contemplación de la realidad empresarial en el plano técnico-económico, entrando en el mercado y ocupándose, por tanto, del estudio de la demanda de transporte marítimo –lo que hay que producir– y la oferta correspondiente. Se está así en condiciones de estudiar las características del mercado de fletes, tanto bajo el principio de libre concurrencia, como con las limitaciones correspondientes a las distintas fórmulas restrictivas de la libertad de mercado. A continuación se estudia la explotación del buque y de las formas económicas en que ésta puede realizarse, procediéndose al análisis pormenorizado de los aspectos técnicos y económicos –los jurídicos se estudian en el derecho marítimo– de las distintas modalidades operativas. Se estudia, asimismo, la técnica de los fletamentos, con explicación de los cálculos a realizar y factores a tener en cuenta para proceder al análisis del viaje. Finalmente, se estudia todo lo relativo a la política marítima, así como una serie de asuntos de particular interés para el mundo naviero: financiación, ayudas de Estado, garantías, etc., todo ello desde el prisma de la normativa de la U.E. A continuación se incluye el temario resumido:

– El mercado del transporte marítimo. Oferta, demanda, flete.
– Tipos de mercado. Mercado de fletes. Mercados de nuevas construcciones, mercado de segunda mano, mercado de desguaces. Contratos.
– Formas de explotación económica del buque: Bare boat charter, Time charter, Voyage charter, Explotación en línea regular.
– Fletamento. Cálculos de viaje.
– Política marítima. La U.E. Política española de Marina Mercante y Puertos. Ley de Puertos del

Estado y de la Marina Mercante.
- El transporte multimodal. Política marítima europea. Short Sea Shipping. Autopistas del mar.
- Financiación de buques. Ayudas de Estado. Instrumentación. Mecanismos de financiación vigentes en España. Ayudas vía financiación. Financiación naval en la OCDE, la UE y España.
- Garantías. Garantías a astilleros, tipos. Garantías a armadores, tipos. Ayudas estatales. El *pure cover*. Avales del Estado. Normativa europea.

Dentro de este mismo módulo, "Explotación de buques y puertos" (3 ECTS) permite profundizar en las peculiaridades de explotación de los distintos tipos de buque: carga general, multipurpose, costeros, portacontenedores, *ro/ro*s, graneleros, petroleros, gaseros, quimiqueros, de pasaje, remolcadores, etc., así como en la problemática de la explotación de los puertos, a cuya descripción técnica se procede también, así como a la legislación que los regula, de acuerdo con el siguiente temario:

- Evolución, tipos y características económicas de la explotación de los principales buques mercantes: buques de carga general, multipropósito y costeros, buques portacontenedores, buques roll-on/roll-off, buques graneleros, buques petroleros, buques gaseros, buques quimiqueros, buques de pasaje –ferries, buques de alta velocidad y cruceros–, remolcadores.
- Organización y estructura administrativa de los puertos. Autoridades marítima y portuaria. La comunidad portuaria. Agentes económicos.
- Infraestructura y superestructura portuarias. Diques de abrigo, obras de atraque, muelles, pantalanes.
- Modelos de gestión portuaria. Financiación. Tarifas.
- Regulación española y comunitaria del sistema portuario.

También en este módulo se estudia "Economía y gestión de empresas marítimas" (4 ECTS), cuyo contenido se dirige en un doble sentido: por un lado, a profundizar en conceptos económicos fundamentales para la gestión comercial y de costes –el marco macroeconómico y el comercio internacional, la contabilidad de costes y las desviaciones– y, por otro, al estudio específico de un tema sumamente especializado –el seguro marítimo–, todo ello de acuerdo con el siguiente temario:

- El marco macroeconómico. La actividad económica. El Producto Interior Bruto.
- Medición del comercio internacional. La balanza de pagos. El comercio marítimo. La balanza de fletes.
- El comercio internacional. Los Incoterms. Los medios de pago. Créditos documentarios.
- Contabilidad de costes. Objetivos y metodología. Centros de costes. Contabilidad por órdenes de fabricación y por procesos. El modelo ABC.
- Contabilidad de costes en astilleros. Desviaciones técnicas y económicas de materiales y mano de obra. Desviaciones de eficiencia, ocupación y presupuesto de costes generales de fabricación
- Contabilidad de costes en empresas navieras. Desviaciones técnicas y económicas de consumos. Desviaciones de costes de puerto y Desviación de eficacia, presupuesto y actividad de costes fijos.
- El seguro marítimo. Riesgo y seguro. Coaseguro. Reaseguro. Autoseguro. Seguro de cascos y de mercancías. Valores asegurados y riesgos cubiertos. Tarificación, franquicias y extornos.
- Póliza de todo riesgo. Avería particular. Tipos. Avería gruesa. Reglas de York y Amberes. Liquidación. Salvamento y gastos de salvamento.
- Póliza de guerra y huelgas. Clubes de Protección e Indemnización (P&I)

Con independencia de los aspectos puramente de Economía y Tráfico Marítimo aludidos, el mismo Módulo 4.3 Gestión y Explotación de industrias Marítimas contempla las siguientes materias de estudio, en íntima relación con las de Explotación del Buque, con sus temarios correspondientes:

"Ingeniería de Sistemas aplicada" (4 ECTS):

- Ingeniería de sistemas.

- Logística de sistemas.
- Aplicación a la definición de buques
- Optimización
- Precio y coste del buque
- Coste a lo largo del ciclo de vida.
- El presupuesto del buque. Libro estándar de conceptos del coste.
- Presupuesto por modificación de parámetros (buques similares). Presupuesto por desglose de partidas constituyentes (base cero).

y "Apoyo Logístico integrado" (3 ECTS):

- Control de configuración
- Definición e implantación del plan de mantenimiento
- Análisis de las tareas de mantenimiento programado (preventivo)
- Mantenimiento predictivo y por condición
- Mantenimiento correctivo a bordo
- Rehabilitación de módulos
- Tareas de mantenimiento propias de las varadas
- Gestión y control de mantenimiento

Conclusión.-

Hasta aquí la descripción no exhaustiva de los contenidos de la disciplina "Explotación del Buque" que se pretende implantar en nuestra universidad. Se ha tratado de seguir un recorrido cíclico, partiendo de su objeto concreto, pero enmarcándolo en el ámbito más extenso y general de los estudios de ingeniería naval.

Se han especificado los requisitos que entendemos necesarios para una enseñanza del nivel académico adecuado, destacando especialmente los conocimientos económicos, jurídicos y contables y de gestión empresarial apropiados para que el estudiante pueda asimilar sin dificultad el caudal de nuevos conocimientos correspondiente a una problemática muy específica y multidisciplinar.

Se han descrito brevemente los temarios de las distintas asignaturas, con objeto de dar una idea de la estructuración del plan de estudios en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales de la Universidad Politécnica de Madrid, por lo que se refiere a estas materias. ¿Es esto lo perfecto? Seguramente, no. Pero es a lo que vamos, y no es poco, teniendo en cuenta las limitaciones de tiempo, la práctica imposibilidad de incrementar la carga docente en nuestros estudios, la falta de flexibilidad de los programas educativos, etc. De hecho, no ha sido fácil dedicar un módulo, dentro del Máster, dedicado fundamentalmente a profundizar en este campo.

No cabe duda de que los planteamientos pueden ser muy diversos. Nosotros nos hemos limitado a exponer lo que actualmente está propuesto, sin pretender que sea lo mejor, aunque hemos intentado aproximarnos a la excelencia. Seguro que a la vista de lo que antecede surgen comentarios, opiniones, sugerencias, en suma, para profundizar en la capacitación de nuestros alumnos en esta materia y mejorar, en consecuencia, el aprovechamiento académico de los estudiantes.

Ese, y no otro, es el modesto objetivo de esta ponencia: la puesta en común de datos, ideas, reflexiones, argumentos, razonamientos educativos para, a través del intercambio de conocimientos y experiencias, mejorar nuestra labor en el ámbito universitario. Que así sea.

LA PROMOCIÓN DE LAS VOCACIONES EN LA INVESTIGACIÓN DEL MUNDO MARÍTIMO. EL PROYECTO "PROMARC"

Luis Pérez Rojas, Canal de Ensayos ETSIN, Avda. Arco de la Victoria s/n, 28044 Madrid, España; luis.perezrojas@upm.es
Miguel Angel Herreros Sierra, ETSIN, Avda. Arco de la Victoria s/n, 28044 Madrid, España; miguelangel.herreros@upm.es
Juan Miguel Sánchez Sánchez, ETSIN, Avda. Arco de la Victoria s/n, 28044 Madrid, España; juanmiguel.sanchez@upm.es
Francisco Pérez Arribas, Canal de Ensayos ETSIN, Avda. Arco de la Victoria s/n, 28044 Madrid, España; francisco.perezarribas@upm.es
Antonio Souto Iglesias, Canal de Ensayos ETSIN, Avda. Arco de la Victoria s/n, 28044 Madrid, España; antonio.souto@upm.es

RESUMEN/ABSTRACT.

La investigación científica y técnica es el instrumento más eficaz para producir riqueza y aumentar el bienestar. Este hecho adquiere hoy en día una especial relevancia cuando el mundo económico está sumido en una gran crisis.

Este trabajo presenta un proyecto europeo iniciado recientemente, el proyecto PROMARC ("Promoting Marine Research Careers"), en donde se pretende animar a la gente joven a buscar puestos de trabajo en la investigación y en la innovación en el sector de la tecnología marina. Igualmente se pretende evaluar y demostrar el potencial que estas actuaciones representan para la sociedad. La comunicación y la concienciación de esta necesidad exige la realización de campañas tanto entre los jóvenes que pasan sus últimos años en el colegio decidiendo su futuro universitario como de los que están en puertas de integrarse en el mundo laboral.

El proyecto está liderado por la WEGEMT, una Asociación Europea de Universidades del ámbito de la tecnología marina y ciencia afines y forman parte de su Consorcio, ocho universidades (Newcastle, Madrid, Delft, Strathclyde, Plymouth, Atenas, Gdansk y Rostock), tres Asociaciones Europeas (ECMAR, CESA, EMEC) y una Fundación (GEOG).

El Proyecto pretende liderar en los próximos dos años, "Escuelas de Verano", "Talleres Temáticos", "Competiciones Académicas" y otro tipo de iniciativas para colegios y clubes deportivos.

1.- INTRODUCCIÓN.

La política de la Comunidad Europea en materia de transportes trata de desarrollar un sistema integrado de transportes más seguro, más limpio y más inteligente basado en los avances tecnológicos y operativos que beneficie a todos los ciudadanos, respetando el medio ambiente y los recursos naturales y que permita a las industrias europeas alcanzar un grado de competitividad significativo en el mundo actual de la globalización.

El 7º Programa Marco de I+D+i ha definido como uno de sus enfoques: el transporte sostenible de superficie (Sustainable Surface Transport SST) y dentro de las actividades que abarcan más de un área, las denominadas "cross-cutting activities", las actuaciones encaminadas a despertar la toma de conciencia de las oportunidades potenciales de trabajo en el sector del transporte de superficie.

El objetivo de una de estas acciones es la de despertar la conciencia de la gente joven sobre las oportunidades que la investigación en el transporte de superficie pueden representar en puestos de trabajo y en sus perspectivas laborales futuras.

El programa de la UE incluía las siguientes posibles actuaciones:

- Alentar a la gente joven a buscar puestos de trabajos altamente cualificados en sectores relacionados con el transporte de superficie con preferencia especial a la ciencia, investigación e innovación.
- Evaluar y demostrar el potencial de los resultados, logros e impactos que la investigación tiene en la creación y mantenimiento de puestos de trabajo con especial consideración para la gente joven y para el balance de géneros.
- Estimulantes y amplias campañas de comunicación enfocadas para la gente joven de diferentes edades (desde primaria a la Universidad). Éstas podrían ser: talleres de trabajo, viajes, eventos especiales y públicos, animaciones y todo tipo de actuaciones específicamente dirigidos a diferentes tipos de público.

Estas posibles actuaciones se debían centrar en las líneas prioritarias de investigación en el transporte de superficie como son: respeto por el medio ambiente ("greenning"), la movilidad, la seguridad en todas sus facetas ("security" and "safety") y la competitividad de la industria involucrando a los agentes más significativo en el mundo de la investigación, la industria, la academia y la sociedad.

Es en este contexto en donde se encuadra el proyecto "Promoción de los Estudios relativos a la Investigación Marina", proyecto PROMARC (Promoting Marine Research Careers).

Europa cuenta con una economía muy fuerte en el mundo marítimo. Esta posición se basa en la capacidad de innovación y en la tecnología que Europa desarrolla en este sector. Por ello todas las empresas del sector europeas se tienen que mantener siempre a la vanguardia en la tecnología. Con este fin, de permanecer en la vanguardia del sector, no sólo los ingenieros navales sino también los científicos marinos, economistas del transporte marítimo o financieros, así como otros relacionados con la ciencia e ingeniería han de estar atraídos a realizar investigación y desarrollo en el sector marítimo. Por ello PROMARC trata de mostrar las oportunidades de empleo en el sector de la tecnología, de la investigación y del desarrollo de productos innovadores mediante una investigación exhaustiva a nivel nacional y europeo sobre los acciones llevados a cabo en los últimos años sobre la promoción del sector marítimo, así como investigando sobre la escasez actual y futura de personal cualificado respecto a la demanda de ese personal. Para mostrar esta necesidad, se crearán concursos a distintos niveles educativos para fomentar la investigación, también se organizarán escuelas de verano, talleres temáticos, visitas a centros de estudios, etc. De todo esto se encargarán las 41 universidades y empresas de 17 países diferentes de toda Europa que forman parte del Proyecto PROMARC de una forma directa o indirecta.

2.- EL CONSORCIO DEL PROYECTO "PROMARC".

El Consorcio de este proyecto está formado por una serie de miembros que provienen de asociaciones industriales y de la academia relacionada con la educación y con el intercambio de conocimientos relativos a la tecnología marina y ciencias afines. Estos participantes han sido seleccionados teniendo en cuenta:

- El conseguir una mayor dimensión geográfica
- Cubrir la mayor variedad de disciplinas en el campo de la tecnología marina y sus ciencias afines
- Su participación en proyectos de investigación de ámbito nacional y europeo
- Su deseo de dar respuesta a las necesidades de la industria y contribuir al crecimiento y la competitividad del sector.
- Su reputación e influencia en la promoción y en el atraer investigadores tanto a nivel nacional como internacional.

A continuación se describen brevemente los participantes en este Consorcio:

2.1. Western European Graduate Education in Marine Technology (WEGEMT)

La WEGEMT es una Asociación europea sin ánimo de lucro formada por 41 Universidades en 17 países. Se formó en 1978 con el objetivo de incrementar el conocimiento fundamental y mejorar y extender las cualidades y capacidades de alto nivel de los ingenieros y de los estudiantes de postgrado en los campos de la tecnología marina y de sus ciencias afines. Estas universidades tienen en común, una capacidad, una serie de expertos y una experiencia para enseñar y llevar a cabo investigación en el campo de la tecnología marina y ciencias afines así como un interés común en promover iniciativas colectivas que cuenten con el soporte de las industrias marinas. Recientemente, esta Asociación ha llevado a cabo un estudio sobre las capacidades de Investigación, Formación y Difusión de los conocimientos de las universidades europeas en el campo de las ciencias marinas y de sus tecnologías con el fin de asegurar cómo esta capacidad puede repercutir en el sector marítimo europeo.

2.2. Newcastle University (UNEW)

La Universidad de Newcastle es una de las mayores universidades del Reino Unido, ofreciendo estudios en un amplio abanico de posibilidades. Su Escuela de Ciencias y Tecnologías Marinas es una de las mayores instituciones europeas del sector marino, cubriendo los campos de Ingeniería Offshore, Ingeniería Marina, Arquitectura Naval, Tecnología de Embarcaciones Menores, Oceanografía, Biología Marina y Gestión de Costas.

2.3. Universidad Politécnica de Madrid (UPM)

La Universidad Politécnica de Madrid es la más antigua y la mayor universidad tecnológica española, sus Escuelas cubren la mayoría de las disciplinas de Ingeniería, incluyendo: Aeronáutica, Agrónomos, Química, Caminos, Canales y Puertos, Eléctrica, Electrónica, Montes, Industrial, Mecánica, Minas, Nuclear, Naval así como Arquitectura, Ciencias de los Ordenadores y Geodesia y Cartografía. Los estudios de carácter marino se centran en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales, sucesora de la Academia del Cuerpo de Ingenieros Navales de la Armada que databa de 1772 y que se aproxima a su primer centenario liderando en España los estudios y la investigación en la Arquitectura Naval, Construcción Naval. Ingeniería Marina y Oceánica, Transporte Marítimo y Defensa.

2.4. Technical University of Delft (TUDelft)

La Universidad Técnica de Delft es igualmente la mayor y más antigua de las universidades tecnológicas de las Países Bajos cubriendo un amplio rango de programas educativos a nivel Graduado y de Máster organizados en siete Facultades. La misión de su Facultad 3mE (Ingeniería Mecánica, Marina y de Materiales) es la de educar y formar a los futuros ingenieros y candidatos al grado de doctor, proponer y realizar trabajos pioneros de investigación y utilizar estos conocimientos en el campo de la ingeniería mecánica, tecnología marina y en la ciencia de los materiales y su tecnología. Pretende funcionar como un ejemplo para Europa siendo una facultad dinámica e innovadora y con una importante contribución a la economía y la sociedad.

2.5. Strathclyde University (SU)

El Departamento de Arquitectura Naval e Ingeniería Marina en la Universidad de Strathclyde es un líder mundial como institución académica dedicada a conseguir una excelente investigación y mejorar su perfil dentro de la investigación en la comunidad marítima. Sus actividades investigadoras cubren un amplio abanico en la estabilidad de buques, seguridad, estructuras marinas, hidrodinámica, diseño y construcción, ingeniería marina y la gestión operativa de los buques.

2.6. Maritime Plymouth (MPLY)

Esta Institución se ha creado con el soporte de las autoridades locales y regionales para actuar como un grupo de referencia para la industria marítima en su conjunto y en sus intereses asociados. Su objetivo formal es asegurar el mayor beneficio económico para la ciudad de Plymouth y su gente basándose en los puntos fuertes de su puerto y en las actividades marítimas haciendo el mejor uso de de los recursos naturales únicos de las "Aguas del Tamar" y las actividades asociadas en tierra. Esta organización representa a través de sus miembros a más de 150 organizaciones y trata de fomentar los intereses marítimos de la ciudad trabajando con agentes externos en la promoción de capacidades dentro del mundo de los negocios marítimos.

2.7. Nacional Technical University of Athens (NTUA)

Esta Universidad es también la Universidad técnica mayor y más importante en Grecia y una de las de más tradición en Europa. Está dividida en nueve Escuelas cubriendo todas las disciplinas de la ingeniería operando alrededor de cien laboratorios. Desde su fundación en 1989, el Laboratorio de Diseño de Buques de la Escuela de Arquitectura e Ingeniería Naval está continuamente trabajando en el desarrollo de proyectos innovadores tanto en conceptos como en métodos de proyecto así como en herramientas numéricas para el diseño, el análisis hidrodinámico y la evaluación del comportamiento del buque sin olvidar los aspectos de seguridad y los estructuras.

2.8. Gdansk University of Technology (GUT)

La Facultad de Ingeniería Oceánica y de Tecnología de Buques constituye la más antigua de esta Universidad proporcionando desde 1945 la formación en el campo de las tecnologías marítimas. Está constituida por las cátedras de Hidromecánica, Proyecto de Buques y tecnología submarina, Construcción de buques, Materiales y Sistemas de calidad, Mecánica y Estructuras de buques, Plantas propulsores de buques, Equipos de cubierta y Sistemas, Control automático y Propulsión mediante turbinas. Cuenta con el Centro Internacional para estudiantes en la investigación de buques situado a orillas del lago Mazury donde el estudiante puede llevar a cabo ensayos con estructuras así como ensayos con modelos en aguas abiertas aprendiendo cómo se gobierna un buque y sintiéndose atraído por el arte y la capacidad de investigar.

2.9. Universidad de Rostock (UROS)

El Departamento de Ingeniería Mecánica y Tecnología Marina de la Universidad de Rostock está embarcado en la educación y la investigación con especial dedicación a los aspectos del proyecto de buques incluyendo los sistemas y su maquinaria, la construcción del buque, su operación así como la ingeniería oceánica. Sus profesores ofrecen un amplio espectro de disciplinas cubriendo casi todos los campos del diseño de buques y su gestión. Sus principales áreas de investigación lo constituyen las estructuras del buque, CFD's y técnicas informáticas aplicadas al contexto del diseño del buque y su construcción sin olvidar las tecnologías de la información y la comunicación.

2.10. European Council for Maritime Applied R&D Asssociation (ECMAR)

Esta Asociación tiene como fin el organizar la representación de las Organizaciones de la Investigación Aplicada en el sector marítimo en Europa. Entre sus objetivos se cuentan el de crear una base común de interés en la CE y en los organismos nacionales, el de favorecer la cooperación entre sus miembros a través de redes virtuales u organizando Conferencias y Encuentros, el de desarrollar una estrategia de I+D en el sector marítimo europeo e

influenciar en los Programas Marco y el de promover una industria marítima segura, competitiva y amiga del medio ambiente. Su participación se va a realizar a través de INSEAN, el Canal de Ensayos Hidrodinámicos italiano de reconocido prestigio internacional.

2.11. Community of European Shypyards Associations (CESA)

CESA representa astilleros de 15 países europeos que cubren el 99% de la construcción naval en la CE. Los astilleros europeos ofrecen sus productos en tres áreas: la construcción de buques mercantes, la reparación y la conversión y la producción naval A través de su Grupo de Trabajo relativo al I+D, el conocido COREDES, CESA ha contribuido muy activamente en los últimos años a perfilar la política de I+D en el campo marítimo europeo.

2.12. European Marine Equipmet Council (EMEC)

EMEC comprende más de 1350 empresas europeas representadas a través de 13 Asociaciones de Comercio de la CE. Entre sus diversas actividades se cuentan: promover la investigación y el desarrollo relativos a equipos marinos participando en Programas europeos, promover la competencial leal en todos los mercados potenciales tanto dentro como fuera de la CE y representar el interés de sus miembros en el campo de la industria marítima como pueden ser la seguridad, los problemas medioambientales, los requerimientos de calidad o la estandarización.

2.13. GE Oil & Gas (GEOG)

A través de la Fundación “Nuovo Pignone”, entidad sin ánimo de lucro, tiene como principal objetivo el proporcionar una formación de reconocimiento internacional. Posee una inmensa experiencia organizando másteres técnicos, escuelas de verano y sesiones formativas específicas, incluyendo la Universidad Oil&Gas. Esta Universidad ofrece cada año la

oportunidad de seguir cursos técnicos y de gestión con una duración de seis meses (600 horas).

3.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

A continuación se expone de forma breve la estructura del proyecto. Los paquetes de trabajo (WP) 1, 2 y 3 actúan en paralelo, pero interconectados para investigar y analizar los diferentes aspectos con el fin de incrementar la sensibilidad en las oportunidades de investigación del sector marítimo (Figura 1).

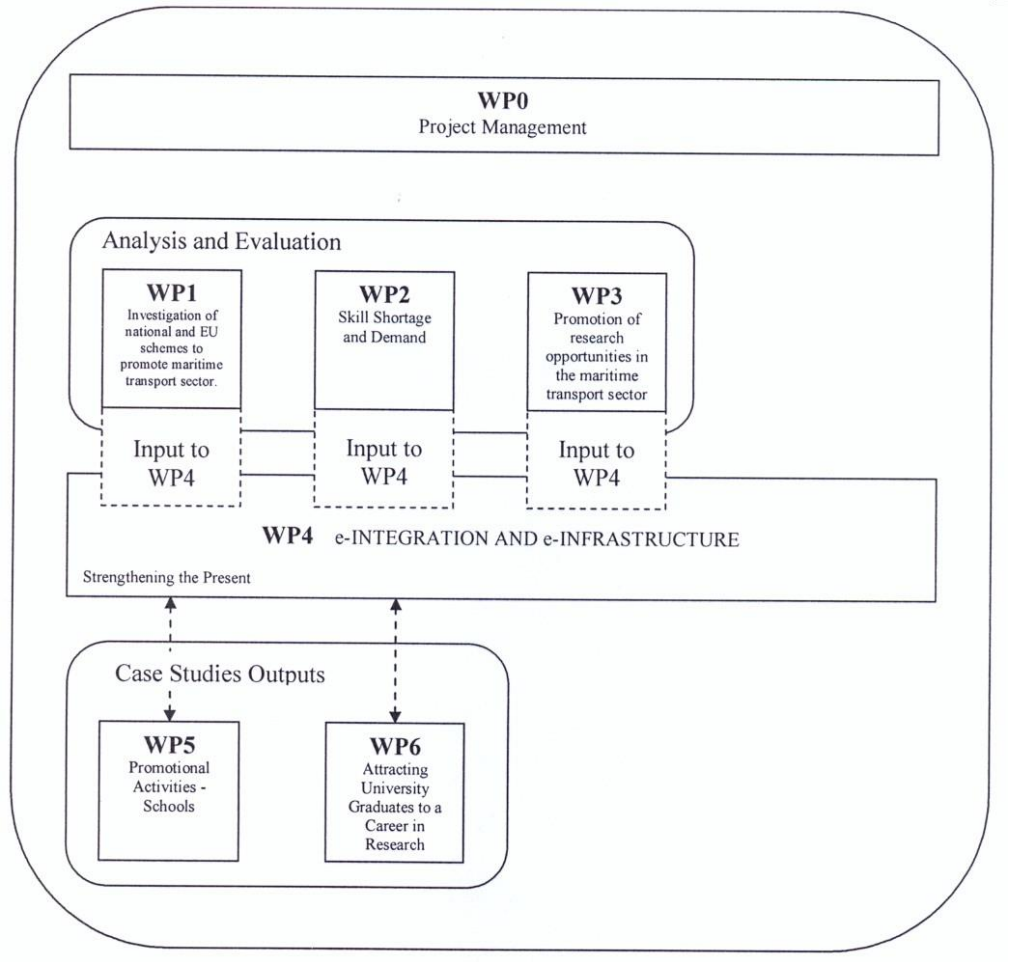


Figura 1

El WP1 tiene como objetivo identificar y cuantificar las actuaciones tanto a nivel nacional como regional llevados a cabo en los últimos 10 años con el fin de despertar la

sensibilidad sobre el sector marítimo. Este análisis debe permitir extraer experiencia de las actuaciones llevadas y cabo e identificar áquellas que han obtenido los mejores resultados tanto por su calidad como por una efectiva relación coste/resultados. Este estudio debe permitir desarrollar nuevas iniciativas y establecer un plan piloto a poner en marcha especialmente a través del WP5.

Los objetivos del WP2 son los de identificar y cuantificar las capacidades en el ámbito de personal que tienen las organizaciones marítimas de I+D, las industrias con productos marítimos innovadores, institutos de investigación y la comunidad de profesionales marítimos. Paralelamente, se identificarán las organizaciones necesitadas de directivos de alto nivel en actividades de I+D y desarrollo de productos innovadores, registrando la información relevante. En resumen, este paquete de trabajo trata de capturar la oferta y la demanda de "capacidades". Los resultados de este paquete serían la entrada del siguiente paquete de trabajo para proceder a su análisis.

Este paquete de trabajo tiene un antecedente muy importante en el proyecto CAREMAR (Coordinated Academic Research and Education in Marine Technology). Este proyecto ha tratado de aunar la academia y la industria a un nivel fundamental y estratégico en lugar de un área específica asegurando que los resultados de esta academia están claramente en línea con las necesidades de la industria a través de un amplio espectro de áreas tecnológicas. Este proyecto partió de la creencia que hay un tremendo potencial investigador latente entre todas las universidades que configuran la WEGEMT, oculto debido a una carencia de iniciativas para el máximo aprovechamiento de este potencial.

El WP3 se centra en las investigaciones finalizadas recientemente así como los proyectos en curso tanto a nivel nacional como europeo en temas relacionados con el diseño del buque ecológico ("green ship") y su operación, buques y artefactos flotantes innovadores, equipos y sistemas marinos innovadores y la mejora de la seguridad integral marítima, todo ello con el fin de promover las futuras oportunidades de trabajo en la industria marítima. Estas

son las áreas a las que tienen que dirigirse la innovación y la competitividad de la industria marina moderna atrayendo a los jóvenes graduados y a los ingenieros para seguir una carrera investigadora.

El principal objetivo del WP4 es integrar los otros seis paquetes de trabajo y proporcionar una "ventana" y una "puerta" para que el "público" conozca el proyecto desarrollando actividades via internet. Se trata inicialmente de desarrollar un concepto de cómo llegar a las escuelas y a la Universidad a través de las nuevas tecnologías de comunicación.

Los paquetes de trabajo 5 y 6 son dos actuaciones en paralelo dirigidos a dos grupos diferentes de candidatos suministradores de savia nueva a las fuerzas investigadoras de la tecnología marina, la gente de los colegios y los graduados universitarios. Estos candidatos exigen estrategias diferentes y esa es la razón para considerar dos actuaciones separadas.

Los objetivos del WP5 son los de atraer a los chicos y a las chicas de entre 13 y 18 años a la educación universitaria de la tecnología marina produciendo material publicitario de alta calidad y organizando visitas a buques de alta tecnología. Mientras que la estrategia para que los graduados no sólo del mundo marítimo sino de otros campos, se acerquen al mundo de la investigación puede basarse en "cursos de verano", competiciones académicas o "talleres" tanto a nivel regional como nacional o europeo.

Estos paquetes de trabajo se complementan con el tradicional de gestión del proyecto (WP0) que en este caso está liderado por la comentada WEGEMT.

4.- LO REALIZADO HASTA AHORA

A tenor del paquete de trabajo 1, la institución Maritime Plymouth, con l ayuda de los diversos miembros del proyecto ha creado una base de datos en forma de "hoja de cálculo" que contiene referencias a muchos otros documentos de texto, gráficos y vídeos. Citemos como ejemplo la campaña inglesa del SEA VISION UK de concienciación y conocimiento del mar y las actividades marinas, incluyendo el sector marítimo en su más amplio sentido. Numerosos miembros, de las más variadas formas tratan de llevar el mar a los más jóvenes tratando de sembrar vocaciones en el sector marítimo.

Otro ejemplo puede ser la iniciativa de la Escuela Superior de Marina Civil de la Universidad de Oviedo en donde a través de un "comic" se describe la vida a bordo de la mano de unos simpáticos personajes (Figura 2).



Figura 2

La competición académica de nuevas ideas se ha hecho en este primer año en la estela de otro proyecto de la CE, el proyecto VISIONS (figura 3) que trata de encontrar entre los estudiantes de toda Europa conceptos "visionarios" tanto para buques como para cualquier estructura flotante. En la convocatoria de han presentado los trabajos correspondientes a 25 "ideas" en las que están involucrados más de 100 estudiantes

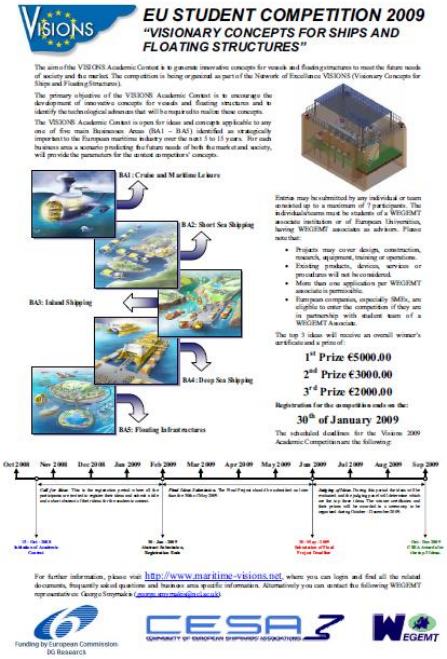


Figura 3

Actualmente están en evaluación por parte de la ETSI Navales los siguientes proyectos:

- "FERRYBIRD", que trata de desarrollar un nuevo concepto de buque para transportar 50 coches y 400 pasajeros y que puede verse como una mezcla entre un ekranoplano y un buque de alta velocidad (figura 4)

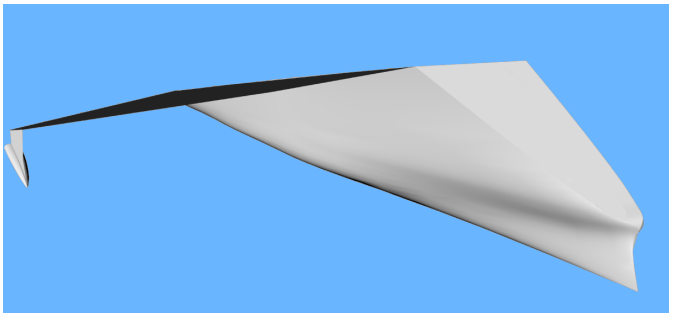


Figura 4

- "AN INNOVATIVE UN-DOCKING CONTAINER SHIP", que trata de reducir los costes de puerto de un buque contenedor, diseñando un buque catamarán que recibe los contenedores desde barcazas que vienen directamente desde el puerto más cercano. (figura 5).

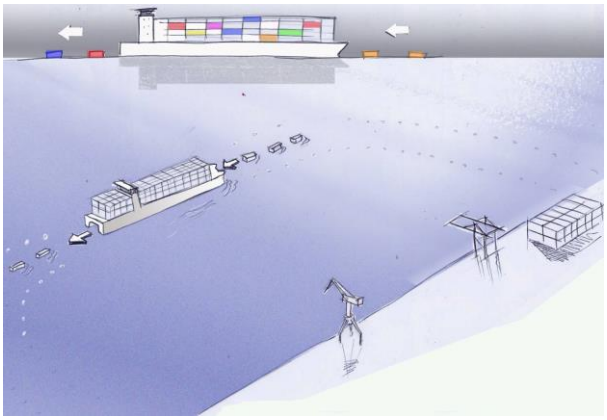


Figura 5

- “FERRY LOADING AUTOMATION SYSTEM (FLA)”, que trata de desarrollar un nuevo sistema de de carga automática, basado en dar un código de barras que identifique con algunas características a los coche, camiones y otros vehículos antes de subir a bordo y de un programa con uan interfase de usuario y una base de datos con el fin de reducir el tiempo de carga, minimizar el especio libre de las cubiertas e incrementar la estabilidad durante la navegación (figura 6).

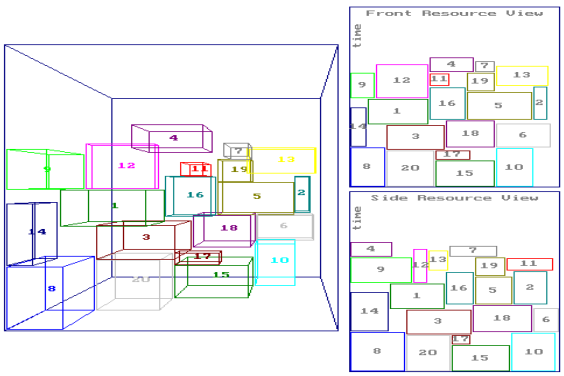


Figura 6

Dentro de los cursos programados, podemos citar el curso ofrecido en Glasgow. “Marine Science & Technology for Green Shipping” con el fin de discutir los avances tecnológicos y su implementación conducentes a reducir los impactos negativos que las actividades marinas pueden ejercer sobre el medio ambiente. (Figura 7)

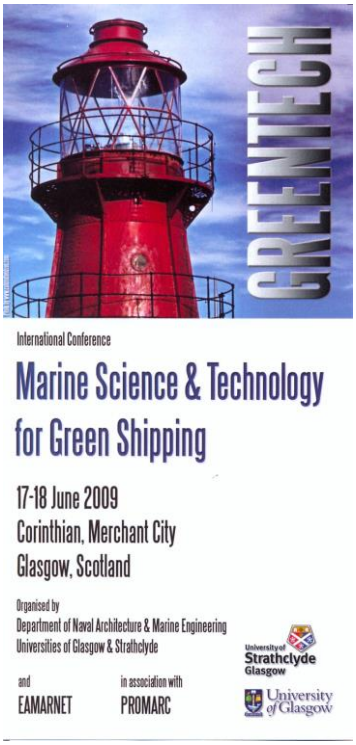


Figura 7

5 QUÉ SE PUEDE ESPERAR

El proyecto PROMARC como una plataforma estratégica para promocionar las "carreras" en la investigación marítima trata de poner de manifiesto la necesidad de invertir en I+D pero también en la "Educación basada para la investigación" con el fin de mantener a Europa en una posición privilegiada en los avances tecnológicos en el campo del sector marítimo.

El mayor valor añadido del proyecto descansa en su habilidad en contribuir a las necesidades a corto y medio plazo de la industria marina europea en I+D+i. La plataforma PROMARC será beneficiosa para muchas empresas del mundo marítimo, y especialmente las PME quienes de otra forme verían difícil dedicar tiempo y esfuerzo en atraer jóvenes y prometedores ingenieros.

Este proyecto como una “Acción Soporte” (Support Action) tendrá como uno de sus mayores logros el desarrollo de estrategias y actividades que mejoren la difusión de la información que animará a los candidatos a entrar en el sector marítimo. Estas actividades se han planeado para:

- Impulsar a la gente joven a buscar trabajos de alto nivel en el sector marítimo con especial atención a la ciencia, investigación e innovación.
- Evaluar y demostrar el potencial de los resultados de los trabajos de investigación con el fin de crear y mantener nuevos puestos de trabajo dando especial consideración a la gente joven y al balance de géneros.
- Realizar campañas extensivas y amplias de concienciación especialmente dirigidas a la gente joven de diversas edades, desde el colegio a la universidad.

LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN LA EDUCACIÓN NAVAL

MUÑOZ, Mª E. [1(*)]; FILGUEIRA, A. [1]; SÁNCHEZ, F.J. [2]; MUÑOZ, E. [2]
1 - UNIVERSIDAD DE LA CORUÑA | (*) España *2 - ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS*

Resumen:
La infraestructura para la Calidad y la Seguridad Industrial, para España, parte de AENOR como organismo de normalización, ENAC como entidad de acreditación y, para el caso de los ensayos no destructivos, de la entidad técnica Asociación Española de Ensayos no Destructivos (AEND).
Para contribuir a alcanzar la calidad en los ensayos, la AEND tiene entre sus fines la promoción del perfeccionamiento profesional y la formación en el ámbito de los ensayos no destructivos (END).
Entre los sectores industriales que emplean de forma habitual los END están el naval y el aeronáutico. Aunque la formación en este tipo de ensayos resultaría del máximo interés en estos sectores, la realidad es que dicha formación, en la actualidad y en el ámbito universitario, es demasiado generalista y dispersa.
La obligada adaptación de los estudios, en nuestras universidades, al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) nos brinda una magnífica oportunidad para incorporar los, cada vez más, necesarios conocimientos de END en las nuevas titulaciones.

Palabras clave: Ensayos no destructivos; Seguridad industrial; Acreditación; Certificación.

1.- Introducción

Los materiales (perteneciente o relativo a la materia) precisan para su producción y procesado que los ingenieros que los fabrican, utilizan, inspeccionan o destruyen, cuenten con amplios conocimientos sobre su estructura y propiedades.

Los conocimientos referidos se aportan a los alumnos de ingeniería a lo largo de sus estudios en distintas materias básicas y de aplicación que suelen tener como soporte la Química. Esta, como ciencia de la materia y de los cambios que en esta tienen lugar, estudia su composición y las propiedades de los productos y materiales que se originan a partir de ella. Su amplio campo de trabajo necesita de una clasificación adecuada de la misma por ámbitos concretos y así de forma tradicional se habla de Orgánica, Inorgánica, Analítica, …

En las titulaciones de ingeniería, en España, los estudios de las propiedades y aplicaciones de los materiales se desgajaron de la Química en las modificaciones de los planes de estudio llevadas a cabo generalmente en la década de los años ochenta y principios de los noventa. A partir de esas modificaciones los estudios citados adquieren cuerpo propio y aunque con distintas denominaciones pasan a formar parte de asignaturas tales como “Materiales”, “Ciencia de materiales”, “Ingeniería de materiales”, etc. en las que temas como estructura atómica, fuerzas de enlace, sistemas cristalinos y polimerización forman parte del conocimiento básico que en ellas se desarrolla.

El análisis de los materiales, esto es su composición y estructura se ha estudiado tradicionalmente en Química Analítica y dentro de ella preferentemente en "Técnicas Instrumentales de Análisis". La verificación de que los materiales cumplen las especificaciones exigidas para su uso precisa del conocimiento por parte del ingeniero de las distintas técnicas de análisis y de los fundamentos de estas, de forma que disponga de un criterio claro sobre la interpretación de los datos analíticos. Hoy la mayor parte de las titulaciones de ingeniería recogen estos conocimientos en asignaturas tales como "Tecnología de materiales" u otras ligadas a su análisis y control.

La inmensa mayoría de las técnicas analíticas, instrumentales o no, precisan de la destrucción de la muestra para verificar su composición y/o propiedades. En ciertos casos la destrucción necesaria de la muestra origina un serio problema tanto práctico como económico, por lo que en muchas aplicaciones relativas al control de materiales, dichas técnicas quedan excluidas.

Para resolver estos problemas, tales como la detección de grietas en materiales ferroviarios, aparecen ya en el siglo IXX los ensayos no destructivos (END)

2.- Los Ensayos No Destructivos (END)

La necesidad de avanzar en el conocimiento de las grietas, fisuras o discontinuidades en general, dimensionando estas y analizando sus consecuencias para el ciclo de vida previsto para el material, condujo a la aparición de nuevas técnicas de control de calidad que concretaron un campo de estudio conocido como ensayos no destructivos (END).

La mayoría de los métodos instrumentales de análisis y la totalidad de los ensayos no destructivos son métodos físicos. Miden por tanto una propiedad física que debe relacionarse con el comportamiento previsible del material objeto de ensayo o con una variable tecnológica significativa del mismo.

Estos ensayos, no suelen proporcionar información sobre composición de la muestra, aportando simplemente una información generalista sobre el comportamiento frente a una acción externa. Siendo este su principal punto débil, resulta poco significativo frente a las fortalezas que aportan para el control de elementos en servicio, de procesos de fabricación y para grandes piezas.

El conocimiento de las variables medidas y del material analizado resultan fundamentales para realizar una correcta interpretación de las alteraciones que hayan podido observarse en la propiedad evaluada.

La evaluación completa del método de control empleado precisa de una especificación para su validación como ensayo aceptable.

Existen gran número de ensayos no destructivos aceptados de forma general, esto es que han superado la fase experimental necesaria para su aplicación industrial. Su clasificación puede realizarse en base a distintos técnicas, como metrología, caracterización o principalmente defectología. Estas últimas técnicas pueden clasificarse a su vez en función de que la posición de la discontinuidad esté sobre la superficie del

material analizado o bien en el interior del mismo. En el primer caso puede hablarse de ensayos superficiales y en el segundo de ensayos volumétricos.

Como ensayos superficiales se consideran los de inspección visual, líquidos penetrantes, partículas magnéticas y corrientes inducidas. En la terminología de los END estas técnicas se conocen como VT, PT, MT y ET respectivamente.

Los conocidos como ensayos volumétricos proporcionan información de discontinuidades o alteraciones en el interior del material ensayado, destacando como técnicas más oficiales la radiografía industrial (RT) y los ultrasonidos (UT).

La detección de fugas (LT) se encuadraría en un tercer grupo de clasificación, que generalmente se corresponde con variaciones de presión o de determinación de componentes.

3.- Regulación de la actividad industrial

En España, las actividades de normalización y certificación se reorganizaron por Real Decreto (RD) 1614/1985 y se designó a la empresa Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) como la entidad reconocida para desarrollar tareas de normalización y certificación.

Como consecuencia de nuestra pertenencia a la Unión Europea y a la constitución del Mercado Interior se hace necesario adaptar la regulación de la actividad industrial. Ello implica la necesidad de compatibilizar los instrumentos de la política industrial con los de la libre competencia y la libre circulación de mercancías y productos, así como asumir el nuevo enfoque comunitario basado en la progresiva sustitución de la tradicional homologación administrativa de productos por la certificación que realizan empresas y otras entidades, con la correspondiente supervisión de sus actuaciones por los poderes públicos.

En este sentido se aprueba el Reglamento de la infraestructura para la calidad y la seguridad industrial mediante el RD 2200/1995.

La Asociación Española de Normalización y Certificación, en adelante AENOR, queda reconocida como Organismo de normalización de los establecidos en el capítulo II del Reglamento aprobado por este RD.

Igualmente se reconoce y designa a la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), como entidad de acreditación de las establecidas en el citado capítulo II.

El objeto del Reglamento citado es establecer los requisitos de organización y funcionamiento que deberán cumplir los agentes, públicos o privados, que constituyen la infraestructura para la calidad y la seguridad industrial, según lo dispuesto en la Ley de Industria (Ley 21/1992)

Constituyen la infraestructura común para la calidad y la seguridad industrial las entidades y organismos que se encuadren en las siguientes categorías:

a) Organismos de normalización, con el cometido de desarrollar las actividades relacionadas con la elaboración de normas.

b) Entidades de acreditación, con los cometidos de realizar el reconocimiento formal de la competencia técnica de una entidad para certificar, inspeccionar o auditar la calidad, o un laboratorio de ensayo o de calibración y de verificar en el ámbito estatal el cumplimiento de las condiciones y requisitos técnicos exigidos para el funcionamiento de los Organismos de control y de los verificadores medioambientales.

Constituyen la infraestructura acreditable para la calidad las entidades y organismos que se encuadren en las siguientes categorías:

a) Entidades de certificación, con el cometido de establecer la conformidad de una determinada empresa, producto, proceso, servicio o persona a los requisitos definidos en normas o especificaciones técnicas.

b) Laboratorios de ensayo, con el cometido de llevar a cabo la comprobación de que los productos industriales cumplan con las normas o especificaciones técnicas que les sean de aplicación.

c) Entidades auditoras y de inspección, con el cometido de determinar si las actividades y los resultados relativos a la callidad satisfacen a los requisitos previamente establecidos, y si estos requisitos se llevan a cabo efectivamente y son aptos para alcanzar los objetivos.

d) Laboratorios de calibración industrial, con el cometido de facilitar la trazabilidad y uniformidad de los resultados de medida.

La infraestructura en seguridad industrial queda constituida por los Organismos de control, con el cometido de realizar en el ámbito reglamentario, en materia de seguridad industrial, actividades de certificación, ensayo, inspección o auditoría.

Para paliar errores de interpretación el RD 2200/95 se modifica por el RD 411/1997 definiendo la naturaleza y finalidad de las entidades de acreditación como entidades privadas sin ánimo de lucro, que se constituyen con la finalidad de acreditar o reconocer formalmente, en el ámbito estatal y a través de un sistema conforme a normas internacionales, la competencia técnica de una entidad para certificar, inspeccionar o auditar la calidad o de un laboratorio de ensayo o de un laboratorio de calibración, que operen tanto en el ámbito voluntario de la calidad como en el ámbito obligatorio de la seguridad industrial, o de una persona o entidad en el ámbito de la verificación medioambiental.

3.1.- Asociación Española de Ensayos No Destructivos (AEND)

Las asociaciones de END aparecen ya a principios del siglo pasado siendo en 1941 cuando se funda la Sociedad Americana para Ensayos No Destructivos (ASNDT) Es también creadora de estándares y servicios para la Calificación y Certificación de personal que realiza ensayos no destructivos.

La entidad que reúne a todas las instituciones debidamente constituidas de END es el Comité Internacional de Ensayos No Destructivos (ICNDT) con sede en Viena.

El ICNDT creó en 1973, durante la 7ª conferencia Mundial de END, un grupo de trabajo para el desarrollo de la reconocida necesidad de armonización internacional en la formación, cualificación y certificación del personal de END. Doce años después el grupo de trabajo citado había elaborado un conjunto de documentos, nominados como ICNDT WH XX-85, que presentó a la 11ª Conferencia Internacional, que recogen los conocimientos mínimos exigibles para los técnicos de END en los tres niveles que se habían establecido.

En la actualidad los ensayos no destructivos son reconocidos como procedimientos de control de calidad en todo el mundo y se han creado sociedades de END en todos los continentes. Pueden citarse:
Sociedad Argentina de Ensayos No Destructivos (AAENDE)
Instituto Australiano para Ensayos No Destructivos (AINDT),
Sociedad Austriaca de Ensayos No Destructivos (OGFZP),
Sociedad Brasileña de Ensayos No Destructivos (ABENDE),
Sociedad Canadiense de Ensayos No destructivos (CSNDT),
Sociedad China para Ensayos No Destructivos (ChSNDT),
Federación Europea de Ensayos no Destructivos (EFNDT)

Para España, en 1971, se crea el Comité Español de END integrado en la Asociación Española de Control de Calidad y a partir de él nació la Asociación Española de Ensayos No Destructivos, que se constituye como una asociación sin ánimo de lucro y con personalidad jurídica propia, que reúne a las distintas personas naturales y jurídicas relacionadas con los ensayos no destructivos.

Entre sus fines cabe citar:

- La recopilación, selección y difusión de la información relativa a la ciencia y técnica de los END.
- Promover y facilitar la enseñanza de dichas técnicas a todos los niveles, participando en el perfeccionamiento profesional y en la formación permanente
- Certificar personal de END.

3.2.- CERTIAEND

AENOR, como entidad reconocida para el desarrollo de tareas de normalización y certificación, creó, en 1990 para el personal de END, el Comité Técnico de Certificación 039, cuya secretaría recayó en la AEND.

Para el cumplimiento de uno de los fines de la AEND, la certificación de personal mediante la norma UNE EN 473, seguida y aceptada de forma general en Europa, fue preciso crear un órgano técnico que cumpliese con la norma EN 45013. Nace así en 1997 el CERTIAEND, al ser acreditado por ENAC, según los criterios de la norma UNE-EN ISO/IEC 17024, para la certificación de personas.

Recientemente se ha procedido a una revisión de la EN 473 que queda como UNE EN 473:2009. En ella los métodos cubiertos por CERTIAEND, en base al procedimiento PC03, son ET, LT, MT, PT, RT, UT y VT.

La formación en END queda por tanto regulada por la normativa anteriormente referida, tanto en profundidad y extensión en función del nivel de que hablemos como en cuanto a contenidos.

Para los centros que pueden impartir formación en END queda igualmente regulado su procedimiento, siendo preciso que propongan un programa formativo que debe ser aprobado por el organismo de certificación, en base a lo establecido en el procedimiento PC18. En este sentido los estudios impartidos en distintos centros universitarios, sobre END, no acreditan en general para trabajar en este campo.

La persona que desee certificarse en END debe aportar evidencias documentadas de haber superado satisfactoriamente una formación en el método y nivel que se haya fijado, que cumpla un programa aprobado por CERTIAEND de acuerdo a los contenidos temáticos recogidos en UNE CEN ISO/TR 25107 IN.

La certificación puede obtenerse para un método, un nivel y un sector, pero no incluye autorización para operar pues esta debe ser dada por la empresa en que desarrolla su labor de END.

4.- Sistema Universitario

El Sistema Universitario español está compuesto por 77 universidades: 50 públicas y 27 privadas. De ellas 5 están configuradas como universidades no presenciales; impartiendo docencia en el curso actual sólo la UNED, la UOC y UDIMA.

El Sistema se completa con dos universidades que sólo imparten programas especializados de posgrado: la Universidad Internacional Menéndez Pelayo y la Internacional de Andalucía.

Sobre una población en España de 45.448.471 personas, en el tramo de edad entre 18 y 24 años la población era de 3.733.330.

Con estos datos se podría decir que en España hay 1,7 universidades por cada millón de personas, cifra similar a la de los países de nuestro entorno. Esto corresponde con una universidad por cada 48.500 jóvenes en edad universitaria, y una media de 19.500 estudiantes matriculados por universidad.

Con la descentralización de la Educación Universitaria en 1985 se produce un crecimiento importante en el número de universidades: En 1975 en España había 28 universidades, 10 años después había 35, y 30 años más tarde el número de universidades se duplica hasta llegar al número actual de 77, repartidas en 165 campus universitarios.

En el curso 2008-09 en las universidades españolas coexisten diferentes niveles formativos: Estudios de primer y segundo ciclo, estudios de grado (que ya han comenzado a impartirse este año), másteres oficiales (que se comenzaron a impartir en el curso 2006/07) y programas de doctorado.

En el curso referido la oferta docente de las universidades públicas presenciales fue de 260.113 plazas universitarias de 1.er y 2.º ciclo distribuidas entre 2.606 enseñanzas.

Adicionalmente a estas enseñanzas oficiales se autoriza la impartición de 163 nuevos grados universitarios en 33 universidades, diseñados ya de acuerdo a las directrices que marca el Espacio Europeo de Educación Superior, 2.021 másteres oficiales y 989 programas de doctorado, dentro también del diseño del EEES.

El número de estudiantes de primer y segundo ciclo está disminuyendo en los últimos años, hasta situarse en 1.389.394 estudiantes el curso pasado.

De estos estudiantes de primer y segundo ciclo el 55,3% cursan estudios de ciclo largo, el 40,4% de ciclo corto y el 4,3% de sólo segundo ciclo.

La distribución de estudiantes por ámbitos científicos se da en la siguiente tabla, observándose que los matriculados en Enseñanzas Técnicas suman un 25%.

En el último curso 187.767 estudiantes de primer y segundo ciclo, prácticamente el mismo número que el curso anterior, alcanzaron su graduación.

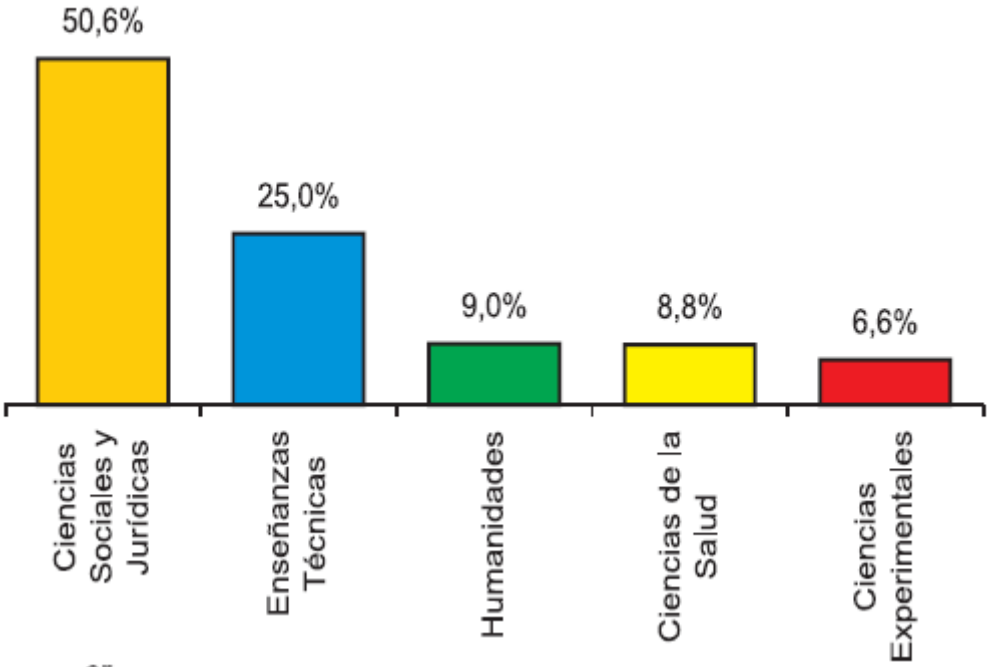
Tanto los másteres oficiales como los estudiantes de estos (33.021) se han duplicado en sus dos años de vigencia.

En doctorado los matriculados en el curso pasado fueron 77.654.

Estos datos reflejan claramente el valor ínfimo de la relación entre el número de personas certificadas en END y la potencial masa de titulados que por preparación pudieran acceder con garantías de éxito a esta certificación.

Estudiantes matriculados en 1er y 2º ciclo. Previsión curso 2008-09

		Univ. Públicas		Univ. Privadas y de la Iglesia	
	Total	Total	%	Total	%
Total	**1.366.542**	**1.218.344**	**89,2%**	**148.198**	**10,8%**
Ciclo Largo	741.564	657.014	88,6%	84.550	11,4%
Ciclo Corto	558.292	504.468	90,4%	53.824	9,6%
Sólo Segundo Ciclo	66.686	56.862	85,3%	9.824	14,7%
Rama de enseñanza					
Ciencias Sociales y Jurídicas	691.568	607.717	87,9%	83.851	12,1%
Enseñanzas Técnicas	346.578	312.414	90,1%	34.164	9,9%
Humanidades	121.020	114.003	94,2%	7.017	5,8%
Ciencias de la Salud	121.904	101.981	83,7%	19.923	16,3%
Ciencias Experimentales	85.472	82.229	96,2%	3.243	3,8%



4.1.- Análisis del sistema en relación con los END

Como hemos comentado en el apartado anterior los estudios universitarios se distribuyen en cinco ámbitos científicos, con resultados dispares en cuanto a alumnos matriculados.

En los ámbitos de Ciencias de la Salud, Ciencias Sociales y Jurídicas y Humanidades no se incluye ninguna formación sobre ensayos no destructivos, al considerarse que estos estudios quedan lejos de los objetivos de formación definidos para cada una de las titulaciones que se incluyen en ellos.

Sin embargo el campo de los END es muy amplio y está en fase de expansión como demuestran las últimas aplicaciones en el mundo del arte, en el del patrimonio artístico y del patrimonio construido (caracterización mecánica de morteros, etc.).

En el ámbito de las Ciencias Experimentales tampoco se incluyen estudios sobre END, aunque en las titulaciones de Química y de Física se traten algunas de las técnicas de base de los END pero siempre bajo una óptica muy científica y sin aplicación ni mención alguna a ellos. La percepción, sin duda equivocada, de que la aplicación de los END es tarea menor poco apropiada para su realización por un titulado superior no es cuestión baladí en las propuestas de contenidos ajenos a este campo en los correspondientes planes de estudio.

Es en el ámbito de las Enseñanzas Técnicas donde, teóricamente, se podrían incluir los estudios sobre END, pero en general tampoco se tratan como materia específica, si bien en algunas titulaciones se estudian distintas materias como Química, Física,

Electromagnetismo y/o Ciencia e Ingeniería de materiales, que constituyen la base de las técnicas de END.

La multitud de materias optativas que forman parte de los planes de estudio de las ingenierías, fundamentalmente Industrial, Naval, Aeronáutica y Civil, ha dado pie a que en alguna de estas titulaciones se incluyan temas concretos sobre END. Sin embargo no se encuentra correspondencia con esos mismos estudios en otras universidades o incluso de la misma en cursos diferentes. Esto es, donde se tratan los END como tal, se debe más a una opción personal que a una decisión discutida, razonada y aprobada a nivel institucional.

Por su relación directa con temas propios de este congreso se presenta, en la siguiente tabla, la clasificación de materias propuesta para la titulación de Ingeniería Naval y Oceánica por el Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos.

Clasificación de materias	Definición	Ejemplos
Materias básicas	Aquellas ramas de las Ciencias que son de aplicación a la ingeniería o necesarias para la comprensión de otras materias de la titulación.	Matemáticas (álgebra, cálculo, geometría), Física General, Química.
Materias genéricas	Materias tecnológicas y sociales necesarias en el ejercicio de la profesión o como soporte de las materias específicas.	Sietemas de representación Resistencia de materiales Informática, Economía Mecánica de fluidos Gestión de calidad, seguridad y medio ambiente. Gestión de proyectos
Materias específicas	Materias tecnológicas exclusivas de la ingeniería naval y oceánica	Proyecto de buques Construcción naval Estructuras marítimas Hidrodinámica naval Transporte marítimo Sistemas de pesca

Como puede observarse no aparecen, como por otra parte resulta lógico, estudios directos relacionados con END en esta propuesta de estudios. Queda sin embargo una puerta abierta para su inclusión dentro de la materia genérica de Gestión de calidad y desde luego como en la mayor parte de las titulaciones de ingeniería se recogen con minuciosidad asignaturas que deberían aportar los conocimientos científicos básicos para comprender, desarrollar y aplicar las técnicas habituales en los END.

Para la Ingeniería Industrial la distribución de materias es similar así como la asignación de contenidos en ellas. Dado el amplio abanico de especialidades que se cursan en esta titulación, alguna de ellas profundiza más en los conocimientos tanto de base como de aplicación que se precisan en los END.

4.2.- Propuesta de estudios

El primer planteamiento a realizar en cuanto a la inclusión de temas específicos de END en titulaciones de ingeniería debería ser si esta es necesaria para el trabajo profesional habitual a realizar por los ingenieros. En este sentido con carácter general la respuesta sería negativa.

Ahora bien para titulaciones concretas como las correspondientes a las Ingenierías Aeronáutica, Industrial y Naval, no resultaría descabellado proponer la inclusión de una materia sobre seguridad industrial y END dentro del grupo de optativas correspondientes a una especialidad concreta de dichas titulaciones .

Si optásemos por incluir una asignatura sobre END en titulaciones relacionadas con los campos profesionales citados la siguiente decisión sería sobre en que tipo de estudios, en los de grado o en los de master sería mas adecuada su inclusión.

En la actual normativa, sobre ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales, se fija la finalidad de las enseñanzas de Grado y Master. Las de Grado tienen como finalidad la obtención por parte del estudiante de una formación general, en una o varias disciplinas, orientada a la preparación para el ejercicio de actividades de carácter profesional.

Las enseñanzas de Máster tienen como finalidad la adquisición por el estudiante de una formación avanzada, de carácter especializado o multidisciplinar, orientada a la especialización académica o profesional, o bien a promover la iniciación en tareas investigadoras.

En base a las finalidades establecidas para cada tipo de enseñanza, en una primera consideración parecería mas adecuado proponer su inclusión en las titulaciones de grado del ámbito de las tres ingenierías citadas.

La negación realizada en el primer párrafo de este apartado no debe ser óbice para desear que en una formación orientada al ejercicio de actividades profesionales se incluyesen asignaturas específicas de END.

Los diferentes centros universitarios, con actividad en los END, están sobradamente preparados por profesorado y medios materiales para que los programas de formación que propusiesen, en este ámbito, fuesen aprobados por el organismo de certificación correspondiente.

Los graduados en ingeniería dispondrán de una buena base científica adquirida en las denominadas materias básicas y una base tecnológica fuerte que, sin duda, facilitaría y enriquecería la formación específica propia de las aplicaciones concretas de los END. Por ello, orientado por profesores de las áreas de materiales o afines, podría trazarse una línea de trabajo que tomando la “Química” y la “Ciencia de materiales” como materias base y las “Tecnología de materiales” o “Tecnología Química” como materias tecnológicas se cerrase la formación con una asignatura de aplicación directa en control

de productos y/o de materiales, en la que encajaría perfectamente los contenidos correspondientes a END.

De los tres niveles de cualificación que en cualquiera de las normas sobre certificación se establecen, la formación obtenida en los estudios universitarios propuestos se correspondería con el nivel máximo (3).

Los graduados en ingeniería de los campos citados, con la formación recibida habrían adquirido conocimiento en tecnología de los materiales y en los métodos y sectores de los END, a la vez que competencia para:

- Interpretar y evaluar los resultados en términos de las normas, los códigos y las especificaciones existentes.
- Seleccionar los métodos de ensayo de inspección y establecer y validar técnicas y procedimientos.
- Designar los métodos, procedimientos e instrucciones que convenga utilizar para ensayos particulares.

5.- Conclusiones

Como se ha comentado hoy se imparten en nuestras actuales titulaciones de ingeniería aeronáutica, industrial y naval asignaturas de Física, Química y Ciencia de materiales que aportan unos conocimientos de base que facilitan la comprensión en detalle de las diferentes técnicas de END en su máximo nivel en el que los profesionales de este campo podrían certificarse. La inclusión de estas materias en los correspondientes planes de estudio obedece a razones formativas de conjunto que se entienden indispensables en la formación global del ingeniero, sin que en ningún caso se hayan considerado conocimientos puntuales de temas, como los de END, que faciliten una aplicación inmediata.

A nivel global los END no aportan un valor añadido sustancial académico, profesional o investigador, ni para el Centro Universitario ni para el profesorado ni para los futuros titulados fuera del aprovechamiento personal que profesores o titulados puntuales puedan tener por su relación concreta con el mundo de los END.

Para que la formación en END resultase de interés académico, debería enfocarse, en su aspecto profesional, como una actividad mas a realizar dentro de un grupo de investigación y desarrollo que se conformase con una infraestructura acreditable como laboratorios de ensayo y como entidad auditora y de inspección.

La escasa consideración de los trabajos con empresas y de la transferencia de resultados de investigación en el currículo del profesorado de cara a la acumulación de valores en cu carrera profesional es un factor limitante adicional para el desarrollo de laboratorios y entidades auditoras como las referidas anteriormente.

También habría que considerar la distorsión que, de cuajar en el ámbito universitario la enseñanza específica dirigida a conseguir la certificación de personal en las técnicas de END, podría originarse en el mercado de este tipo de profesionales.

6.- Bibliografía.

- AEND “Certificación de personal que realiza ensayos no destructivos” Boletín informativo de la AEND nº 48, Madrid, 2009
- ALONSO, A. y otros; “Métodos de ensayos no destructivos”, INTA, Madrid, 1996.
- SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA MEPSYD “Datos básicos del Sistema Universitario Español: 2008/09”, Madrid, 2008.
- MUÑOZ, E.; “Proyecto docente”, Ferrol, 1996.
- MUÑOZ, E. y otros “El Espacio Europeo de Educación Superior: aspectos generales”, ACSUG, 2004.
- SIERRA, H. y otros, “El Ingeniero Naval y Oceánico del siglo XXI”, Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos”, Madrid, 2000.
- SKOOG, D.A. y WEST, D.M.; “Análisis Instrumental”, Interamericana, México, 1984.
- VARIOS; “Ensayos no destructivos”, Fundación Confemetal, Madrid, 2002-2006.
- VILLAR, L.M. y ALEGRE, O.M.; “Manual para la excelencia en la enseñanza superior”, McGraw-Hill, Madrid, 2004.
- WHITTEN, K,W. y GAILEY, K.D. “Química General”, McGraw-Hill, Nueva York, 1993.

REDUCCIÓN DE LA RESISTENCIA AL AVANCE DE UN BUQUE MEDIANTE LA APLICACIÓN DE PINTURAS ESPECIALES AL CASCO

Luis Pérez Rojas, Canal de Ensayos ETSIN, Avda. Arco de la Victoria s/n, 28044 Madrid, España; luis.perezrojas@upm.es
Patricia Izaguirre Alza, Canal de Ensayos ETSIN, Avda. Arco de la Victoria s/n, 28044 Madrid, España; patricia.izaguirre@upm.es
Ricardo Zamora Rodríguez, Canal de Ensayos ETSIN, Avda. Arco de la Victoria s/n, 28044 Madrid, España; ricardo.zamora@upm.es
Francisco Pérez Arribas, Canal de Ensayos ETSIN, Avda. Arco de la Victoria s/n, 28044 Madrid, España; francisco.perezarribas@upm.es
Elkin Botia Vera, Canal de Ensayos ETSIN, Avda. Arco de la Victoria s/n, 28044 Madrid, España; elkinmauricio.botia@upm.es
José Fernando Núñez Basáñez, Canal de Ensayos ETSIN, Avda. Arco de la Victoria s/n, 28044 Madrid, España; josefernando.nunez@upm.es
Juan Carlos Díaz Cuadra, Navantia, S.A., C/ Velázquez 132, 28006 Madrid, España, jcdiaz@navantia.es

RESUMEN/ABSTRACT.

La crisis económica, el impacto medioambiental y el consumo continuado de los combustibles fósiles propician cualquier iniciativa que conlleve un ahorro de energía. En el mundo de los buques, uno de los objetivos ha sido siempre el alcanzar un casco hidrodinámicamente óptimo que con un mínimo de potencia proporcione la velocidad deseada.

Esta resistencia al avance se debe esencialmente a dos razones: a la fricción entre el agua y el casco del buque y a la generación de olas debido a la presencia de la interfase aire-agua. El presente trabajo recoge las labores llevadas a cabo para evaluar la posibilidad de minimizar la resistencia debida a la fricción mediante la aplicación de pinturas especiales al casco del buque.

El análisis se ha aplicado a un buque de cooperación en materia de pesca que ha sido estudiado hidrodinámicamente en el Canal de Ensayos Hidrodinámicos de la E.T.S.I. Navales. Para el estudio de la reducción de la resistencia de fricción se han ensayado dos planchas con una superficie mojada equivalente al modelo utilizado en los ensayos hidrodinámicos con dos tipos diferentes de pintura.

También se han llevado a cabo cálculos numéricos con un código comercial de tipo viscoso con la posibilidad de evaluar la rugosidad. Se pretende también con ello proceder a la validación de dicho código para la consideración de la rugosidad.

1.- INTRODUCCIÓN.

Recientemente, el Canal de Ensayos Hidrodinámicos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales, perteneciente a la Universidad Politécnica de Madrid, ha llevado a cabo una serie de trabajos en el campo de la hidrodinámica conducentes a la optimización de un Buque para la Cooperación en Materia Pesquera, centrada fundamentalmente, aunque no de forma exclusiva, en la Formación Pesquera en todos sus ámbitos y en actividades conexas y/o complementarias. El buque consta de medios propios para la cooperación al desarrollo y para la formación de los trabajadores de Empresas radicadas en el exterior en aquellas operaciones relacionadas con las actividades extractoras, transformadoras, conserveras y comercializadoras.

Es un buque de diseño moderno, socialmente avanzado en la habilitación de la tripulación y con velocidad suficiente para poder rentabilizar al máximo su utilización, de tal manera que pueda desplazarse a lo largo del año a aquellos países, de cualquier continente, que por las necesidades de la cooperación pesquera y/o de las empresas así lo demanden. Una descripción detallada del mismo puede verse en [1].

El cuidado diseño fue sometido a una serie de ensayos de resistencia de remolque, propulsor aislado, autopropulsión, líneas de corriente y comportamiento en olas. Las herramientas numéricas permitieron completar el estudio de comportamiento en la mar en mares irregulares y el contar con la descripción de las líneas de corriente como complemento de las obtenidas experimentalmente.

El área de la maniobrabilidad contó con un nuevo diseño de timón que exigió su ensayo y la determinación experimental de la estela que también fue obtenida numéricamente. Estas actuaciones permitieron predecir el comportamiento en cuanto a maniobrabilidad del buque en comparación con la utilización de un timón convencional.

Desde el punto de vista de la protección del medio ambiente marino, dos actuaciones originales se materializaron en la construcción de este buque: la gestión del agua de lastre y el control del "*fouling*". Desde la aparición de las primeras pinturas antiincrustantes sin biocidas para embarcaciones rápidas al comienzo de la década de los 90, se ha progresado mucho y

hoy día se dispone de pinturas basadas en el uso de siliconas y de polímeros de flúor (fluoropolymer ®) que, en comparación con otras protecciones basadas también en siliconas, mejoran enormemente sus prestaciones incluso para los buques menos rápidos.

El Buque de Cooperación Pesquera está protegido con una pintura que representa el último avance en el control del aumento de la rugosidad del casco, debido a la creación de una superficie muy lisa y deslizante, con poca resistencia de fricción, a la que los organismos marinos (*Bio-Fouling)* tendrán dificultad de incrustarse y, los que lo consigan, lo harán de una forma débil por lo que se podrán eliminar con facilidad.

Con objeto de comprobar las bondades de este nuevo producto, se han ensayado en el Canal de la ETSIN una plancha sumergida de igual superficie a la mojada del modelo del buque ya ensayado. La plancha fue pintada con el nuevo producto y con una pintura convencional, con el fin de comparar su comportamiento en cuanto a Resistencia Friccional se refiere. Esta actuación también se ha enfocado desde un punto de vista numérico con el fin de evaluar la capacidad de las herramientas numéricas para recoger el efecto de la rugosidad.

El presente trabajo recoge la labor tanto experimental como numérica que se ha llevado a cabo con el fin de evaluar el comportamiento hidrodinámico de estas nuevas pinturas.

2.- RUGOSIDAD DEL CASCO. USO DE PINTURAS DE NUEVA GENERACIÓN

Pasado un cierto periodo de tiempo, después de salir el buque recién pintado, la protección de la pintura va debilitándose y, a partir de un cierto momento, empieza a aumentar la rugosidad del casco, debido a la fijación en él de distintos organismos, primero microscópicos y luego perfectamente visibles como algas, moluscos, etc. Si el proceso continúa sin que se le ponga freno, llegará la corrosión del acero que afectará de una forma permanente a la rugosidad del casco, con lo que se producirá un notable incremento de la resistencia de fricción del buque.

La velocidad con la que se produce esta adherencia de organismos y, por lo tanto, el aumento de rugosidad del casco depende, principalmente, de unas cuantas variables que se indican a continuación:

2.1. Rugosidad del buque nuevo:

Recientemente se han llevado a cabo investigaciones y experiencias acerca de la influencia de la rugosidad superficial del forro exterior en la resistencia al avance por fricción, que da lugar a variaciones sensibles en la velocidad del buque para una potencia dada, o bien, en la potencia requerida para alcanzar una determinada velocidad.

De entre las causas que dan lugar al deterioro de la lisura de la superficie exterior del casco, se pueden distinguir dos grandes grupos:

a) *Rugosidad temporal* provocada por la incrustación de organismos vivos. Este ensuciamiento de los fondos, ya sea en forma de organismos vegetales (algas) o animales (balanos, túbulas, etc.) produce en periodos de tiempo relativamente cortos un aumento muy apreciable de la rugosidad del casco, provocando fuertes descensos en la velocidad del buque, o bien, incrementos notables de potencia y consumo para mantener una velocidad dada.

b) *Rugosidad permanente* debida a la acumulación excesiva de capas de pintura, que, a la larga, se ve agravada por la aparición de cuarteamientos, desconchados y desprendimientos. Otra causa es la preparación inadecuada del casco antes del pintado en las varadas.

A partir de los estudios realizados por la British Ship Research Assotiation (BSRA), que llevó a cabo un amplio programa de investigación al respecto se llega a unas conclusiones prácticas aproximadas muy concretas:

- Para mantener una velocidad dada, un aumento de rugosidad del casco de 10 micras, hace necesario un aumento de potencia de 1 %.
- A igualdad de potencia, un aumento de rugosidad de 10 micras, implica una disminución de velocidad del 0,3 %.

Aunque depende de la calidad de producción de las planchas de acero y de los métodos constructivos del astillero, se suele considerar como un valor medio aceptable, una

amplitud de rugosidad media aparente (MAA), basada en una longitud de 50 mm, de 150 μm. Durante la operación del buque, esta rugosidad irá aumentando. Al limpiar fondos se reducirá, pero nunca volverá a alcanzar su valor inicial. La rugosidad del casco, nada más salir el buque del dique crecerá a lo largo de toda su vida.

2.2.- Tipo de pintura.

Desde principios de los años setenta, los desarrollos llevados a cabo en el campo de las pinturas antiinscrustantes y en el control de la corrosión han dado como resultado, por una parte, al conocimiento del mecanismo de los copolímeros basados en el TBT (tributil-estaño) (que recientemente han sido prohibidos, como todos los compuestos que contengan estaño) y, por otra parte, a la introducción de antiincrustantes basados en copolímeros auto-pulimentantes (SPC), libres de TBT. Estos desarrollos han proporcionado la tecnología para la eliminación de las incrustaciones, además de sustancias químicas resistentes a la abrasión más tenaces y duras.

La búsqueda de nuevos antiincrustantes inocuos para el medio ambiente ha dado su fruto con el desarrollo de recubrimientos cuyas formulaciones no contienen ningún tipo de biocida transferible al mar al mismo tiempo que no interaccionan químicamente con él, es decir no están sometidos a consumo por hidrólisis o pulimentación. Su principio de actuación está basado en la baja tensión superficial de las siliconas, componente principal de estos recubrimientos, que impide un anclaje efectivo de la incrustación de tal forma que ésta se libera por el rozamiento provocado por el avance del buque. Una mayor velocidad de avance dará como resultado una más fácil liberación de la incrustación.

Los avances más recientes en tecnología sobre recubrimientos no han supuesto cambios radicales, pero han mejorado considerablemente las propiedades de los ya existentes. El futuro en este campo depende en gran medida de la innovación en cuanto a nuevos polímeros y materias primas, junto con las formulaciones químicas de los recubrimientos, las limitaciones dadas por las regulaciones, y el incremento en el tiempo de servicio impuesto por los Armadores.

Los fabricantes del producto elegido aseguran que la aplicación de sus protecciones a buques convencionales, incluidos petroleros, etc., con velocidades de servicio superiores a unos diez nudos, puede proporcionar las siguientes ventajas:

- Menor rugosidad media del casco (25%) que origina un menor coeficiente de resistencia friccional (38%).
- Mejor resistencia estática frente a las incrustaciones (80%).
- Mejores propiedades frente al desprendimiento de las incrustaciones (40%).
- Mejor resistencia a la abrasión (60%).
- Ahorros de los costes de combustible de hasta el 6%, dependiendo de las condiciones de servicio de los buques

Las características de durabilidad, flexibilidad y resistencia frente a la abrasión de estas pinturas y la ausencia de biocidas proporcionará también ahorros en las entradas en dique ya que el tratamiento de residuos y de las aguas de lavado del casco será más barato y sencillo compensando su mayor coste inicial y sus requisitos de aplicación.

Un reciente estudio sobre el efecto de las pinturas en la resistencia puede verse en [2], en donde se analizan las diferentes líneas de investigación conducentes a reducir la resistencia de fricción, que es la componente más importante de la resistencia al avance en la mayoría de los buques mercantes que operan en la actualidad.

3.- LAS HERRAMIENTAS NUMÉRICAS EN LA EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA RUGOSIDAD.

Se ha llevado a cabo un estudio numérico con dos códigos comerciales enfocados a la resolución de las ecuaciones de Navier Stokes (RANS). El primero de ellos es el paquete de ANSYS que incluye el mallador ICEM y el CFD CFX-11. Este software se utilizó en la primera fase del proyecto cuanto no estaban definidas las rugosidades y la geometría exacta del sistema de soporte de las planchas para el estudio en el canal. Por tanto, las primeras pruebas numéricas se realizaron suponiendo una superficie plana sin espesor de dimensiones conocidas y para diferentes rugosidades. En una segunda fase, cuando todo el sistema fue definido junto con las rugosidades de ambas planchas, se utilizó el código de CCM+ de la empresa CD-Adapco. Este software tiene incluido el mallador.

3.1.- El Código CFX.

En esta primera fase se pretendía hacer una estimación de la resistencia al avance de una placa plana de espesor despreciable en agua dulce (ρ: 997 kg/m^3 y ν: 8,926·$10^{-7}$$m^2$/s) para diferentes rugosidades y velocidades correspondientes a 13 y 15 nudos. Los diferentes programas utilizados fueron el Rhinoceros en su versión 4.0 para tratamiento de la geometría, el ANSYS-ICEM para mallar y el ANSYS CFX-11 para pre-proceso, pos-proceso y la resolución de las ecuaciones. Para los cálculos se utilizaron dos procesadores de un Pentium IV a 3.2 GHz con una memoria RAM de 3GB. Para una malla de aproximadamente millón y medio de elementos el tiempo típico de CPU para conseguir alcanzar el criterio de convergencia fijado fue de dos horas y media.[3]

El dominio utilizado fue un paralelepípedo que, suponiendo el centro de los ejes coordenados en el centro de la placa, se extendía en el eje X, de -21m a +33m, en el eje Y, de -12m a 12m y el Z, de -12m a +12m. Todo el dominio se consideró agua y no se introdujo la superficie libre. La malla era del tipo estructurada con 1413672 elementos.

Se consideró estado continuo y estacionario, con flujo turbulento. El modelo de turbulencia elegido fue el κ-ε. El paso de tiempo se seleccionó según las recomendaciones del programa y se estableció en ⅓ (L/V) lo que supone 0,77 s para V_1 y 0,67 para V_2. Para poder juzgar la convergencia se consideró el residual RMS (Root Mean Square). La condición impuesta fue10^{-6}. Según la documentación de CFX, llegar a este valor implica una "muy buena convergencia".

Los valores obtenidos para la placa lisa se reflejan en la siguiente tabla en donde también figuran los valores obtenidos por las expresiones de la ITTC

Velocidad	**Resistencia de fricción**	
	ITTC	CFX
V_1 (13 nudos)	693 g	649g
V_2 (15 nudos)	903 g	844gr

Tabla 1

En la figura 1 se representa el incremento de la resistencia al avance en función de la rugosidad (rugosidad equivalente de granos de arena) para las dos velocidades analizadas.

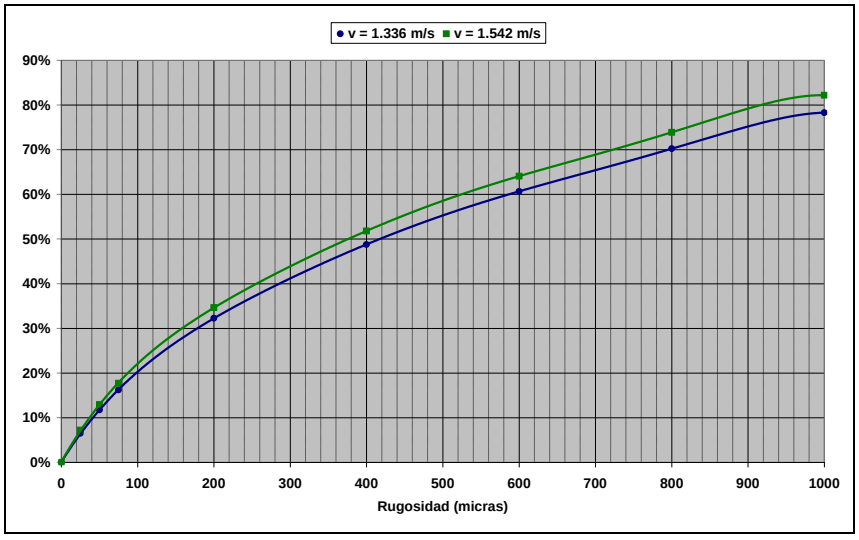


Figura.1

La rugosidad de la pintura convencional puede estimarse en 120 μm y la de base silicona en 70 μm, lo que da origen a que el incremento de resistencia sea del 5,8% para la velocidad baja y 6% para la velocidad alta, teniendo en cuenta las simplificaciones consideradas en estas simulaciones.

3.2.- El Código CCM+

Una vez se tuvo la geometría del sistema completo se paso al estudio del mismo con el programa de dinámica de fluidos computacional STAR-CCM+ 3.06.006 de la empresa CD-Adapco. El cambio de software fue debido a que este último permite un rápido y eficiente mallado. Además, gracias a la versión Linux del programa se ha facilitado enormemente la paralelizacion de los cálculos. Los cálculos se ejecutaron en cinco procesadores en paralelo: dos de un Pentium IV a 3.2 GHz con una memoria RAM de 3GB y tres procesadores de un Intel Core 2 Quad 9550 a 2,83 GHz con una RAM de 4 GB. Para una malla de aproximadamente siete millones de elementos el tiempo típico de CPU para conseguir alcanzar el criterio de convergencia fijado fue de no más de 48 horas.[4].

El sistema que se ha discretizado incluye no solo las planchas sino el soporte, los cuerpos de proa y popa y los perfiles que esconden las sujeciones al carro. Se ha considerado

que el sistema avanza en un único fluido (agua, ρ: 998 kg/m^3 y μ: 8,899·10^{-4} kg/m/s) sin superficie libre. También se han hecho ensayos con simulación de superficie libre para obtener una estimación del incremento de resistencia por formación de olas.

El volumen de control elegido es menor que el anterior porque en este caso se pretendía simular de manera fidedigna los ensayos de canal con lo que el domino se extiende en el eje X desde -7,4m hasta 20,35m, en el Y de -2m a 2m y en el eje Z, de -2m a 0,28m. En las simulaciones con superficie libre, ésta se encontraba en Z=0,28m al inicio y el techo a Z=2m. Por ende, en el dominio entre los planos Z=0,28m y Z=2m el fluido era aire. La malla elegida fue del tipo trimada con capa de prismas para captar la capa límite. Lo primero fue realizar un estudio de convergencia de resultado con el incremento de elementos en la malla. El número de elementos de la malla final que se estudió fue de 6705204. Igual que con el CFX, el tipo de turbulencia fue el κ-ε y el criterio de convergencia para detener el programa se estableció como límite asintótico de 0,001 N (102mg).

En la tabla .2 se presentan los resultados para las dos velocidades y dos rugosidades.

Rugosidad(μm)	**D(V_1) [g]**	**D(V_2) [g]**
70 (R_1)	962	1255
120 (R_2)	972	1286

Tabla 2

para la V_1 el incremento de resistencia al avance de la plancha de rugosidad R_2 frente a la R_1 es del 1% y para la V_2 es de 2,41%. Si se consideran sólo las planchas pintadas, que representan el 61% de la resistencia total, la diferencia de resistencia al avance es de un 1,9% para la velocidad menor y 4% para la segunda velocidad. En los ensayos con superficie libre para V_1 el incremento de la resistencia al avance debido a la formación de olas fue de 61 g, del orden del 6% del total.

4.- LA LABOR EXPERIMENTAL. LOS ENSAYOS HIDRODINÁMICOS

En el proceso de ensayos anteriormente mencionado, el modelo fue sometido a una serie de ensayos de remolque. Inicialmente se procedió a la construcción del modelo, según las

formas suministradas, a la escala de 1:25, siendo sometido dicho modelo a dos ensayos de remolque en las dos situaciones de carga, si bien entre ambas situaciones de carga no había diferencias significativas, 6,5% referido al calado. En la figura 2, se puede ver una vista tridimensional del modelo

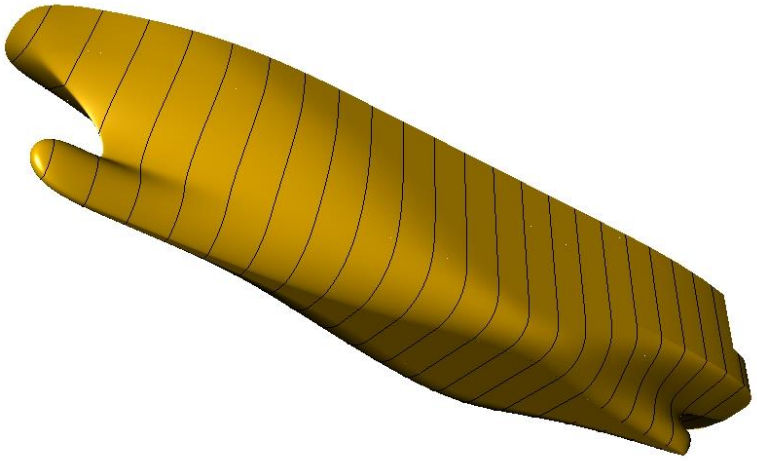


Figura 2

En la figura 3, se presentan los resultados del ensayo de remolque en las situaciones de carga ensayadas.

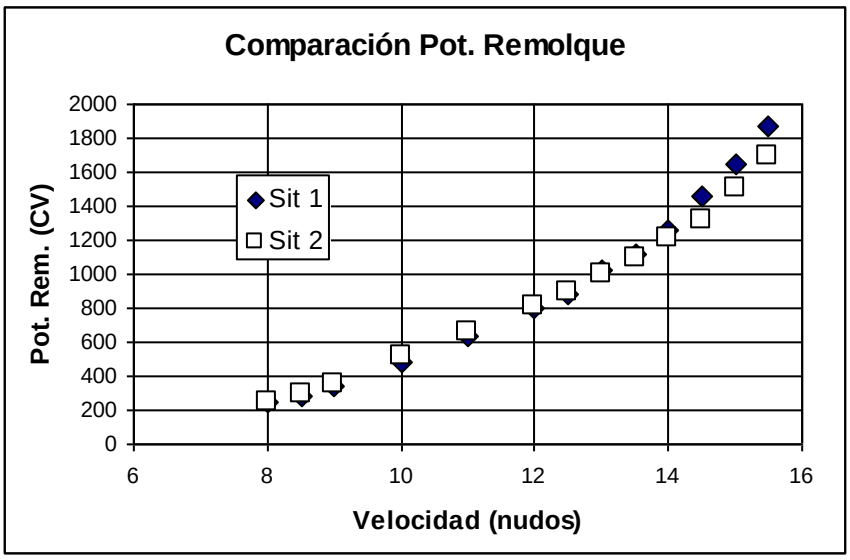


Figura 3

El dispositivo para medir la influencia de las pinturas en la fricción y por lo tanto en la resistencia al avance consistía en construir un bastidor en donde fueran adosadas las planchas con los dos tipos de pinturas a considerar, la convencional y la de base silicona. Se pretendía que este dispositivo representara en cierta medida la resistencia de fricción de Froude, la

resistencia de una placa plana equivalente. De tal forma, las planchas analizadas tenían la misma superficie mojada y eslora de flotación que el modelo ensayado. Estas planchas fueron suministradas por el cliente por lo que el proceso de pintado fue el real, el que se utiliza en la aplicación de dicha pintura a los buques.

Con el fin de dar al conjunto a ensayar una flotabilidad casi nula, la "plancha" tenía un cierto espesor y el bastidor de aluminio se rellenó con espuma. Dado el espesor de la "plancha" se incluyeron dos cuerpos de proa y popa de forma parabólica. En la figura 4 se puede ver un esquema del dispositivo utilizado para el ensayo de las planchas. Sobre el bastidor de aluminio relleno de espuma, se pegaron las planchas pintadas incluyéndose dos cuerpos de entrada y salida con perfil paraboloide. A este respecto puede mencionarse la placa de fricción propuesta por el Naval Ship Research and Development Center [5].

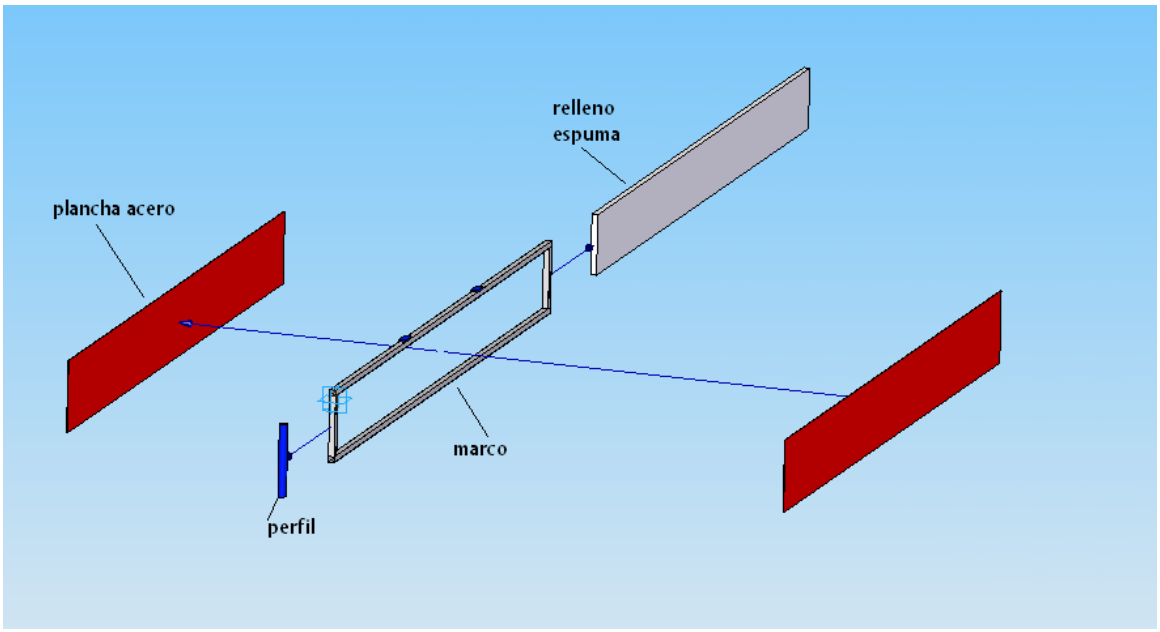


Figura 4

Igualmente a lo utilizado en el modelo se incluyeron como estimuladores de turbulencia unos pequeños cilindros (pines) de 3 mm de diámetro, 2 mm de altura, espaciados 25 mm y situados a 2 cm del inicio de la plancha (Ver figura 5)



Figura 5

Los bastidores iban sumergidos y mediante dos perfiles carenados iban unidos a unos "carritos" deslizantes dentro de una guía unida solidariamente al carro de remolque. Con esta disposición, las planchas eran remolcadas obteniéndose la resistencia gracias a una célula de carga en la misma forma que se realizan los ensayos de remolque convencionales. La figura 6 pone de manifiesto esta disposición

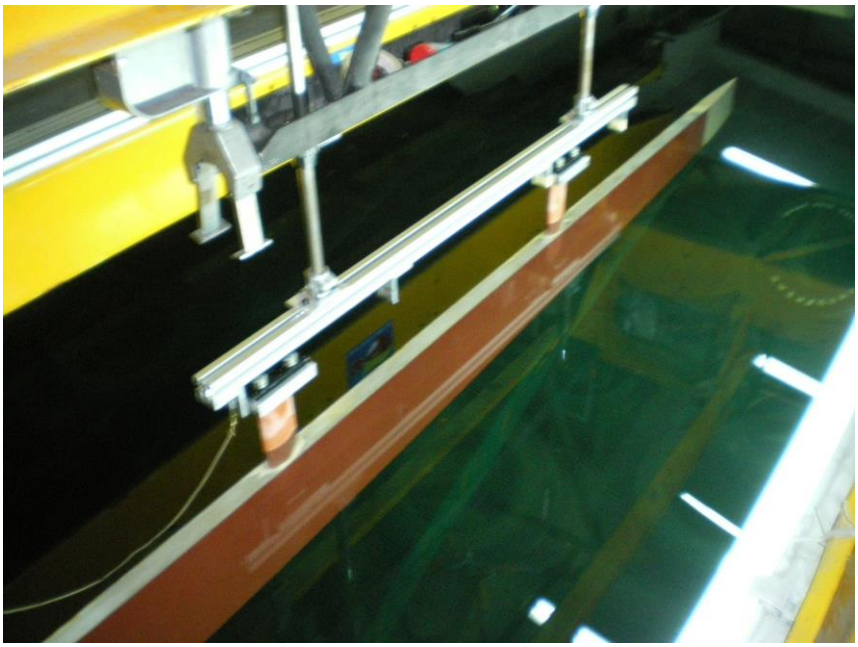


Figura 6

Inicialmente se ensayaron las planchas sin estimulador de turbulencia realizándose 4 sesiones, dos con pintura convencional y dos con pintura de silicona. Una sesión debe

entenderse como la realizada en un día con 4 velocidades (7, 10, 13 y 15 nudos) repitiendo cada punto 3 veces. Dadas las discrepancias encontradas se cambió la orientación de los perfiles hidrodinámicos que recubrían los soportes de unión al carro de remolque. Con esta nueva disposición se llevaron a cabo 6 nueves sesiones, tres y tres. Aunque la coherencia de los resultados se mejoró no se alcanzó una cierta estabilidad en los resultados.

Debido a lo anterior, se instalaron unos estimuladores de turbulencia tal y como se ha comentado en apartados anteriores realizándose seis nuevas sesiones. Dado que en cada sesión se median 12 puntos, las carreras realizadas se elevaron a 192.

En la tabla 3 se recogen los valores medios de las resistencias medidas

Velocidad	**Fn**	**Resistencia**		
		Convencional	Silicona	% reducción
7 nudos	0,12	379 g	386 g	+ 1,7
10 nudos	0,17	630 g	641 g	+ 1,7
13 nudos	0,22	1.071 g	1.037 g	- 3,2
15 nudos	0,26	1.405 g	1.382 g	- 1,5

Tabla 3

Estos valores deben interpretarse primeramente a la luz del nivel de incertidumbre del sistema de medida utilizado. Según el programa intercentros de calibración recogido en los Proceedings de la 25ª Internacional Towing Tank Conference [6] las incertidumbres del Canal de la ETSIN pueden cifrase en los valores indicados en la tabla 4.

Fn	**Incertidumbres %**
0,10	1
0,28	0,25
0,41	0,2

Tabla 4

Es evidente que estos valores de incertidumbre están por debajo de los valores obtenidos para la variación de la resistencia debido al uso de distintas pinturas. Está claro que la incertidumbre para las dos primeras velocidades es cuatro veces mayor que para las otras dos velocidades.

No obstante lo anterior, no hay razones evidentes que permitan explicar el incremento de resistencia obtenido para los dos velocidades más bajas. Si bien estamos hablando de variaciones de 7 y 11 gramos, estos valores están por encima del umbral de incertidumbre anteriormente mencionado. La única explicación posible es que el sistema de medida ("set up") genere una cierta desalineación. Esta posible interpretación haría que los valores de disminución de la resistencia en las otras dos velocidades se incrementarían al suponer que el mismo problema de desalineación existe para las altas velocidades. Tampoco encontramos explicación en el hecho que la reducción es mayor para la velocidad de 13 nudos frente a la velocidad de 15 nudos. Una posible interpretación de la influencia del número de Froude en la resistencia de fricción no parece aplicable por cuanto las planchas han sido ensayadas sumergidas. Sin embargo merece citarse el cálculo de la influencia de la posible resistencia por formación de olas realizado en el campo numérico y que se cifraba en un 6%. Este valor quizás es la única explicación posible a la discrepancia cualitativamente obtenida en las velocidades de 13 y 15 nudos. Con respecto a la posible influencia del número de Froude en la resistencia viscosa véase [7].

Ahondando en los valores obtenidos en los cálculos numéricos de que la posible contribución del área de las pinturas es del 61%, los porcentajes de reducción serían de 5,2 % para el caso de la velocidad de 13 nudos y 2,5% para la velocidad de 15 nudos. De una forma global, estos valores están en línea con los cálculos numéricos efectuados y esperar una reducción de la resistencia de fricción del 3-4% parece razonable.

Veamos finalmente la incidencia que esta reducción tiene en el buque real. Según los cálculos efectuados a tenor de los ensayos hidrodinámicos llevados a cabo en el Canal de Ensayos Hidrodinámicos de la ETSIN, para un desplazamiento de 3.584 t, para la velocidad de 13 nudos, la resistencia debida a la viscosidad representa el 70% de la resistencia total y el 66% para la velocidad de 15 nudos. Todo ello nos lleva a afirmar que para el rango de la velocidad de 13-15 nudos se espera una reducción de la resistencia y por lo tanto de la potencia necesaria del orden del 2,5 %

5.- CONCLUSIONES.

De todo lo expuesto anteriormente se puede indicar las siguientes consideraciones finales:

- Con el fin de evaluar el comportamiento del uso de diferentes pinturas en el casco de un buque se han ensayado planchas con dos tipos de pintura, una de tipo convencional y otra con base silicona. Siguiendo las hipótesis de Froude, estas planchas tenían la misma eslora y la misma superficie mojada que el modelo ensayado anteriormente. Con el fin de mantener los mismos esquemas de pintado que en la realidad, las planchas han sido suministradas ya pintadas por el Astillero.

- Los cálculos numéricos efectuados han puesto de manifiesto el orden de magnitud esperado de reducción de resistencia, la contribución de la resistencia debida exclusivamente a las planchas y el posible efecto de la resistencia por formación de olas generadas por el dispositivo ensayado.

- Los ensayos experimentales llevados a cabo han puesto de manifiesto que para el rango de velocidades equivalentes a los 13-15 nudos se puede esperar una reducción del 3-4% de la resistencia de fricción.

- Estos valores, a tenor de los ensayos hidrodinámicos efectuados en su día, permiten afirmar que para el rango de velocidad del buque de 13-15 nudos es esperable una reducción de la potencia propulsora del 2,5%.

- La evaluación de las prestaciones de esta protección del casco se llevará a cabo durante los primeros años de explotación del buque de una forma directa, por lo que se podrá comprobar cualitativa y cuantitativamente las ventajas prometidas por los fabricantes y establecer el plazo de amortización del mayor coste de esta pintura.

Agradecimientos.

Toda labor investigadora conlleva la participación de un nutrido grupo de investigadores que aportan su “granito de arena” en una labor que aborda diferentes facetas. El nutrido número de coautores del presente trabajo es una buena muestra ello. Sin embargo no son todos los que son, el técnico de laboratorio D. Juan Chacón pasó muchas horas en

posición horizontal en el carro de remolque para ver con detalle el comportamiento de las planchas y el equipo del Laboratorio de Soldadura de la ETSIN, liderado por el catedrático D. Francisco Molleda, colaboró para tener a punto el dispositivo de medida. Pero todo ello, no habría sido posible sin la inquietud de un astillero por la innovación, Astilleros ARMON VIGO, a todos ellos nuestro reconocimiento.

REFERENCIAS.

[1] J.F. Núñez Basáñez, L. Pérez Rojas, J.M. Paino Monsalve, F. Pérez Arribas, "El buque de cooperación pesquera, una iniciativa de la Administración para la pesca responsable y sostenible". 47º Congreso de Ingeniería Naval e Industria Marítima, Palma de Mallorca, Octubre 2008.

[2] E. Carrillo, J. Valle, "Reducción de la Resistencia de Fricción en Buques: un Problema Antiguo Actualizado por la crisis del Petróleo". Canal de experiencias Hidrodinámicas, El Pardo. Publicación nº 200, Octubre 2006.

[3] ANSYS, ANSYS CFX-Solver, Release 11.0: Modelling.

[4] CD-ADAPCO, USER GUIDE STAR-CCM+ Version 3.06.006.

[5] E. E. West, "Effect of Surface Preparation and repainting Procedures on the Friction Resistance of Old Ship Bottom Plates as Predicted from NSRDC Friction Plane Model 4125", Report 4084, Naval Ship Research Development Center (U.S.A.), 1973.

[6] Resistance Committee Report, Proceedings 25th International Towing Tank Conference, Volume 1, pp.21-68, Fukuoka, Japón, Septiembre 2008.

[7] L. Pérez Rojas, "Influencia de la Rugosidad en la Resistencia Viscosa Obtenida por Mediciones en el Estela", Tesis Doctoral, E.T.S.I. Navales, Universidad Politécnica de Madrid. 1981.

Algoritmo para la preparación y mantenimiento de la condición de fondeo en yates

Carral Couce Luis – Universidade da Coruña
Fraguela Formoso, José Ángel- Universidade da Coruña
González Filgueira, Gerardo- Universidade da Coruña
Rodríguez Guerreiro, María Jesús- Universidade da Coruña
Rivera Domínguez, Mario- Universidade da Coruña
Carral Couce, Juan Carlos- Carral Marine Technology

XXI CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERÍA NAVAL- COPINAVAL

MONTEVIDEO. octubre 2009

Algoritmo para la preparación y mantenimiento de la condición de fondeo en yates

indice

1 . Resumen
2. El tren de fondeo
3. Fuerzas intervinientes en el fondeo
4. El ancla
5. Comportamiento estático
5.1 Línea de fondeo homogénea
5.2 Línea de fondeo mixta
6. Comportamiento dinámico
7. Conclusiones
8. Bibliografía

1. Resumen

En la marina mercante la maniobra de fondeo, así como la permanencia en el fondeadero, constituye una etapa en la fase de navegación marítima, que en los momentos de espera; debido a la congestión de la instalación portuaria, suele anteceder a la fase de detención en puerto. Se trata pues, de mantener al buque inmovilizado durante un tiempo de espera que se intenta que sea mínimo. Por todo ello cobra una importancia menor frente a la fase de navegación.

El uso recreativo del mar determina la utilización de la embarcación, en navegación y detenida, para la realización de multitud de actividades. Es por ello que la embarcación permanece en esta condición de fondeo un tiempo importante sobre el total de su tiempo de utilización.

La condición de fondeo constituye una fuente de preocupaciones para la tripulación de las embarcaciones de recreo, esto se debe a varios factores: tripulaciones reducidas, falta de profesionalidad o inexperiencia de los tripulantes, cansancio tras una navegación larga, desconocimiento de la zona, o simplemente falta de atención durante la maniobra o la permanencia ya que el objetivo de la actividad es el recreo de los participantes. Esta preocupación aumenta cuando se decide fondear en una cala o abrigo para descansar o pasar la noche, incrementándose el riesgo si las condiciones meteorológicas cambian durante este período de tiempo.

El trabajo propone la formulación para determinar las solicitaciones límite (efecto del mar y la corriente), a las que se podrá someter una embarcación fondeada. Para ello se proponen los algoritmos adecuados para determinar: el poder de agarre de distintos tipos de anclas, el efecto que sobre éste produce el levantamiento de la caña, finalmente la longitud de cadena a largar para cada solicitación existente. De este modo se podrá, para una condición de fondeo dada, establecer el límite de la condición hasta la aparición del indeseable fenómeno del "garreo" (pérdida de agarre del ancla)

The merchant marine anchoring maneuver and stay in the anchorage, is a step in the process of shipping, which in times of waiting due to congestion of the port facility, often precede the stage of arrest in port. It is therefore to keep the vessel during a timeout after which attempts to be minimal. Therefore charges against a minor at the time of shipping.
Recreational use of the sea determined the use of the boat, and stopped en route to perform a multitude of activities. That is why the boat remains in this condition is an important part of its total usage time.
The anchoring condition is a source of concern for the crew of the pleasure craft, this is due to several factors: small crews, inexperience or lack of professionalism of the crew, tired after a long navigation, ignorance of the area, or simply lack of attention during the maneuver, or remaining as the focus of activity is the recreation of the participants. This concern is especially pronounced when it is decided to anchor in a cove and shelter to rest or spend the night, making it particularly dangerous if the weather conditions change during this time period.
The paper proposes the formulation of appropriate threshold to determine the stresses (the sea and flow), which will bring an anchored boat. This proposed algorithms suitable for determining the power grip of different types of anchors, the effect of angulation (lifting the ro) and finally the rode length for each given request. This will, for a given anchor, set the limit of the condition until the undesirable phenomenon of "garreo" (loss of grip of the anchor)

2. El tren de fondeo

Estará compuesta por un conjunto de elementos tendentes a “mantener temporalmente la embarcación fija a un punto del fondo marino”.

La función anterior se deberá desarrollar cumpliendo los dos requisitos siguientes:

- El fondeo perfecto será aquel que mantiene la condición con independencia de la predicción de mar y viento existente, resistiendo los correspondientes esfuerzos derivados de la condición sin sufrir daños (dentro de la carga máxima de trabajo establecida en el diseño)
- El desarrollo de la maniobra de fondeo así como el peso de ésta, deberá permitir la realización de la operación con sencillez.

Los componentes de la maniobra de fondeo serán los indicados:

1. *Ancla*
2. *Giratorio que une el ancla con la línea de fondeo*
3. *Línea de fondeo homogénea (cabo ó cadena) o heterogénea (cabo y cadena)*
4. *Roldana de fondeo*
5. *Estopor o boza*
6. *Molinete*

De la lista anterior únicamente el ancla y la línea de fondeo, así como la unión entre ambos; el giratorio, pueden ser escogidos por el navegante, correspondiendo al astillero la elección del resto de componentes indicados.

Para la elección del ancla y la composición de la línea de fondeo, deberemos tener en cuenta diversos aspectos:

ANCLA, su función será la de mantener fija la posición de fondeo mediante su enterramiento en el fondo marino, para ello deberán cumplirse los requisitos siguientes:

- Ancla correctamente asentado en el fondo
- La línea de fondeo deberá tirar del ancla en la dirección adecuada

LINEA DE FONDEO, la función de ella será la de unir el ancla con la embarcación. Pero el cumplimiento de esta función se realizará de modo que:

- La línea de fondeo deberá traccionar el ancla en la dirección que éste presente el máximo poder de agarre.
- La línea de fondeo deberá ser fácil de estibar a bordo, facilitando las labores de largado y cobrado.
- Deberá actuar amortiguando los esfuerzos repentinos, debidos al viento y las olas, sobre el ancla y la embarcación.

En relación con la elección de la cadena, cabo y accesorios (giratorio y grillete de unión) que componen la línea de fondeo deberemos considerar la carga de trabajo (C.T.) y la carga de rotura (C.R.) de la cadena, y a partir de éstos, determinar el resto de los componentes. Siempre sus valores particulares de C.T. y C.R. estarán por encima de los de la cadena.

3. Fuerzas intervinientes en el fondeo

La determinación del tren de fondeo (conjunto de ancla y línea de fondeo), vendrá dada de la consideración del conjunto de fuerzas intervinientes en la operación. Las debidas a la acción del **viento** y del **mar** sobre la embarcación, y la interacción del ancla con el **fondo** marino. Finalmente los **movimientos del barco** debidos a la acción de las fuerzas aero e hidrodinámicas determinarán la presencia de las correspondientes fuerzas de inercia.

VIENTO

Las embarcaciones de recreo presentarán a la acción del viento perfiles muy distintos dependiendo que consideremos una embarcación de motor (predominio del efecto de la obra muerta y la superestructura) y un barco de vela (importante efecto del mástil y del aparejo), sin embargo el peso de unos y otros elementos sobre la expresión que determina la fuerza aerodinámica total, puede ser pareja (ver ref. 4).

Otro aspecto a considerar será el debido al gradiente vertical de la intensidad de viento que actúa sobre la embarcación, considerando que el transductor del anemómetro se sitúa en la

perilla del mástil, la lectura del viento será superior al que en realidad actúa sobre la embarcación. En cualquier caso el efecto de las fuerzas de presión aerodinámicas se traducirán en una fuerza resultante aplicada en el centro de presión aerodinámica (E).

Respecto a la presencia de vientos constantes o no en dirección e intensidad, nos encontramos con situaciones diferenciadas:

- ***el viento se mantiene constante en intensidad y dirección*** - situación estática de la embarcación, aproada, solicitación constante sobre el tren de fondeo.

- ***el viento varía en intensidad***, permaneciendo invariable la dirección (racheado), embarcación aproada retrocediendo cuando aumenta la intensidad del viento, para recuperar su posición de equilibrio inicial al bajar la velocidad del viento. Problema dinámico, presencia de fuerzas de inercia que nos lleva a la consideración de las fuerzas debidas al movimiento de la embarcación.

- si la ***dirección varía temporalmente*** (viento rola), nos encontramos ante una situación de gran complejidad que se traduce en movimientos de orzada y arribada de la embarcación (acercar la proa al viento y alejarla), que aconsejará la búsqueda de un fondeadero de mayor seguridad.

MAR

Consideraremos dos casos diferentes; la acción de las olas y la debida a la existencia de corriente.

-*Olas.* Modificar el fondeo hacia zonas abrigadas

-*Corriente*. No suele ser habitual el fondear en espacios con una fuerte corriente en contra (estuarios, radas situadas en la desembocadura de un río), efecto despreciable salvo en zonas de elevada corriente (superior a 4 kn). En cualquier caso resultará de interés el cálculo de la fuerza actuante, a pesar de que su efecto resultará de menor importancia que el debido al viento. Se podrá analizar la situación de contraste entre viento y corriente

FONDO MARINO

Una vez las uñas del ancla se entierran en el fondo marino, ante la fuerza ejercida horizontalmente por la cadena, se opone una reacción del ancla cuyo valor máximo vendrá dado por el poder de agarre del ancla. El angulamiento, ó elevación de la caña por efecto de la existencia de una componente vertical en la fuerza transmitida por la cadena, tendrá como consecuencia una reducción importante sobre el poder de agarre de éste. La consideración de la componente vertical debida al peso del ancla, tendrá su efecto sobre el cálculo del poder de agarre de éste.

Por otro lado será despreciable el efecto del rozamiento de la cadena sobre el fondo.

MOVIMIENTOS DEL BARCO

Los movimientos del barco debidos a la acción de las fuerzas enunciadas con anterioridad, va a provocar la aparición de las consecuentes fuerzas de inercia que incrementarán las solicitaciones sobre el tren de fondeo. En concreto en la condición de permanencia en el fondeadero en una situación de viento racheado (incrementos temporales de la intensidad del viento actuante), se parte de una situación de fuerza actuante sobre la embarcación Fo, para a continuación alcanzar una nueva condición Fv. En ese momento la embarcación retrocederá bajo el efecto del viento, adquiriendo una velocidad creciente en su retroceso. La inercia que la embarcación adquiere, se traduce en una fuerza de inercia que el fondeo (en concreto la línea de fondeo), deberá contrarrestar.

4. El ancla

Para cumplir su función el ancla deberá permanecer en el mismo lugar con independencia de la dirección y magnitud de las fuerzas que actúan sobre la embarcación.

Constan de dos partes diferenciadas: las **uñas,** que en número de una o dos penetran en el fondo; la **caña,** que une las uñas con la línea de fondeo.

Las anclas modernas pueden ser clasificadas en dos categorías:

- *anclas planas*, dotadas de dos uñas unidas a una caña articulada

- *anclas de arado*, contando con una uña en forma de arado que se une a la caña mediante una articulación o de forma rígida. La uña podrá ser de forma plana, cóncava o convexa.

Para cualquier tipo de ancla; el poder de agarre, con independencia del tipo de fondo del que se trata, dependerá del cumplimiento de las condiciones siguientes:

1. Del grado de enterramiento de las uñas del ancla, así como de que éste sea simétrico.
2. Que la articulación de las uñas esté en posición abierta.
3. Que las condiciones anteriores se cumplan en situaciones cambiantes en cuanto a solicitaciones.
4. En cualquier condición la caña se ha de mantener paralela al lecho marino.

Las condiciones 1,2 y 3 deberán darse si el ancla ha sido correctamente diseñado. La última condición responde a la elección de la línea de fondeo.

Tipos de anclas

La primera generación de anclas, será la de aquellas que, en una gran medida, realizan su función debido al peso. Corresponde a modelos históricos, ya caídos en desuso. Entre las anclas actuales, tendremos una doble categoría, por un lado las anclas de SEGUNDA GENERACIÓN (a ella pertenecerán aquellas desarrolladas hasta la década de los 70), en las que mediante la geometría adecuada de las uñas, se consigue un enterramiento parcial del

dispositivo, que incrementará su poder de agarre. Claros ejemplos será los tipos HALL, CQR Y BRITANY. Y los de TERCERA GENERACIÓN, desarrollados por la industria del petróleo para los campos offshore, en los que se consigue un incremento considerable en el efecto del enterramiento, con la consiguiente mejora en el poder de agarre. Se trata fundamentalmente de anclas del tipo de arado sin articulación en la caña, (DELTA, ROCNA, BUGEL, SPADE, CLAW, FORTRESS, AC14)



Fig.4.1 – Anclas plana, de arado (2ª generación) y sin articulación en la caña (3ªgeneración)

Estimación del poder de agarre

Se define el poder de agarre como la máxima fuerza que admite el ancla sin que se produzca el arrastre de éste. Para su estimación existen varios modelos teóricos que pasamos a describir:

Modelo tradicional

$$F = k.M \qquad (4.1)$$

Modelo usado por Vryhof y Bruce para grandes anclas

$$F = k.M^{0.92} \qquad (4.2)$$

Modelo empleado para anclas de pequeño tamaño

$$F = k.M^{1,4} \qquad (4.3)$$

Donde k, coef. De poder de agarre y M , masa del ancla

La influencia del tipo de fondo se determina mediante la tabla siguiente (ref. 9):

1 – BUEN TENEDERO	FANGO DURO
	CONCHUELA
	ARENA FANGOSA
	ARENA GRUESA
2 – TENEDERO REGULAR	ARCILLA
	CASCAJO
	ARENA FINA
3 – MAL TENEDERO ó 4- DESCONOCIDO	FANGO BLANDO
	CORAL
	PIEDRA

Tabla 1 – tipos de fondo en relación con el fondeo

Utilizaremos la última expresión (4.3) para calcular el poder de agarre en función de la masa del ancla, para ello utilizaremos los coeficientes incluidos en la tabla 2.

coeficiente de poder de agarre - k					
	Tipo de ancla	1 - Buen tenedero	2 - Tenedero regular	3 -Mal tenedero	4 - desconocido
ANCLAS 2ª GENERACIÓN					
	CQR	22	12	5	5
	DANFORTH	22	12	5	5
	HALL	4	3	3	3
	BRITANY	22	12	5	5
ANCLAS 3ª GENERACIÓN					
	FORTRESS*	66	32	14	14
	AC14	33	18	7	7
	BRUCE	33	18	7	7
	DELTA	33	18	7	7
	ROCNA	33	18	7	7
	BUGEL	33	18	7	7
	SPADE	33	18	7	7
	CLAW	33	18	7	7

Tabla 2 - poder de agarre de diversos tipos de anclas comerciales en fondos distintos

**para anclas ligeras de aluminio*

Hasta ahora hemos considerado que la tracción que ejerce la línea de fondeo sobre el ancla es paralela al fondo. Supongamos que está se ejerce formando un ángulo α con la horizontal. Debido a la geometría del ancla (en concreto la relación formada por la longitud de la caña OA y la longitud de las uñas OB y el valor angular de separación de ambas δ, el ángulo α se convertirá en un levantamiento de la caña de valor ε. De modo que esta situación de angulación se traduce en una reducción en el poder de agarre de acuerdo a una "ley parabólica" *(ver fig. 4.2)*, a partir del valor máximo de F. El ángulo αo será aquel para el cual el poder de agarre se anula.

$$F_\alpha = F\left[1 - \left(\frac{\alpha}{\alpha O}\right)^2\right] \qquad (4.4)$$

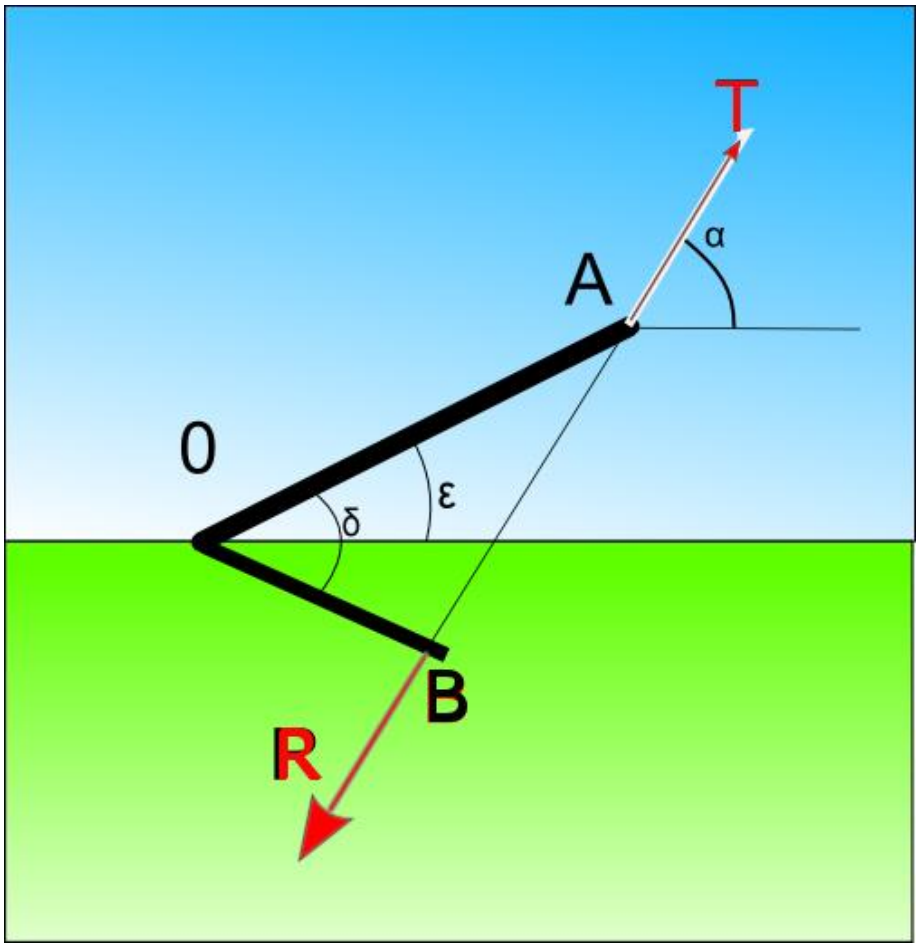


Fig.4.2 –Situación de levantamiento de la caña del ancla – angulación

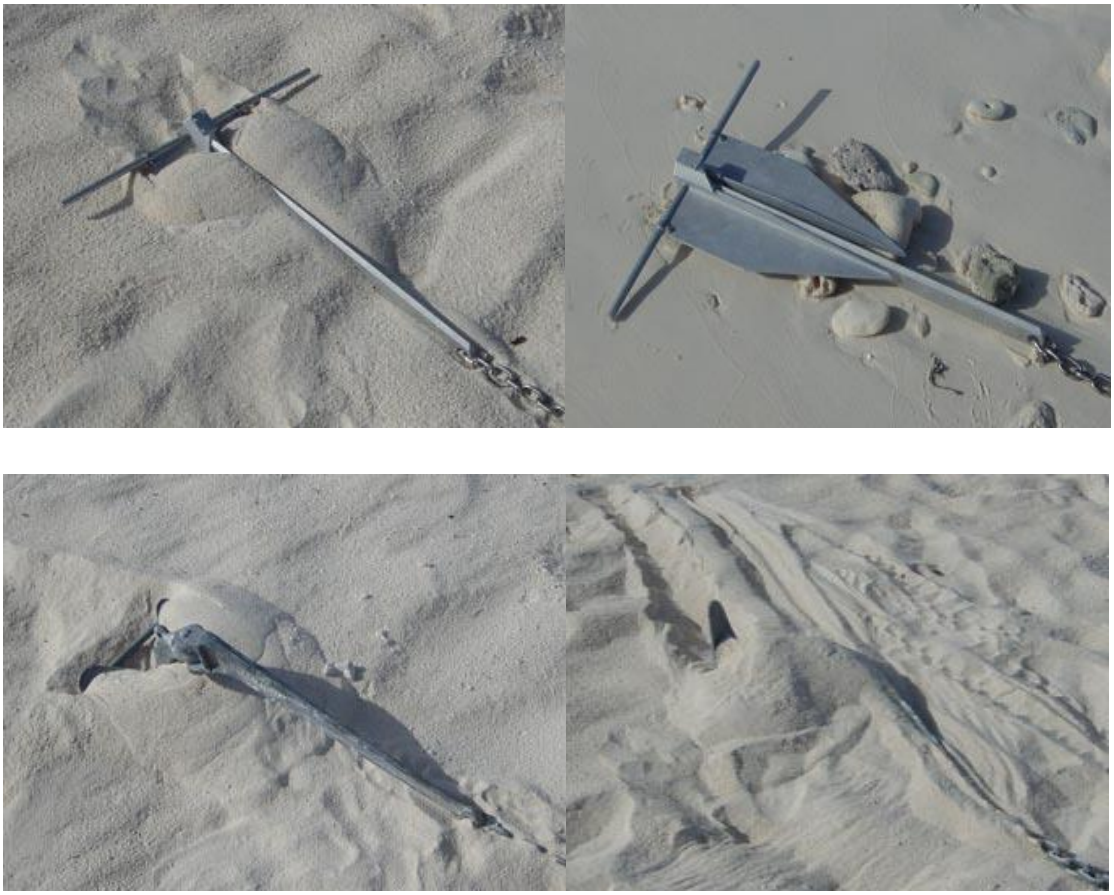


Fig. 4.3 Enterramiento de diversos tipos de anclas

El ancla y la línea de fondeo

El tren de fondeo de una embarcación estará constituido por una longitud de cadena unida al ancla – **línea de fondeo homogénea**. En el caso de embarcaciones de pequeña eslora la cadena se podrá sustituir por un cabo aplomado.
La reglamentación permite que en embarcaciones de eslora media existan fondeos del tipo mixto. Para facilitar la maniobra de zarpado del ancla, se mantiene un largo de cadena (de longitud igual a la eslora de la embarcación) en el extremo de unión al ancla, sustituyendo el resto por una estacha de cabo - **línea de fondeo heterogénea.**

La operación de fondeo puede realizarse de diversas maneras, pudiendo utilizarse un ancla o dos. Habitualmente, y salvo condiciones ambientales extraordinarias que aconsejen otra solución, se suele fondear con un solo ancla en una condición denominada “a la gira”. Lo que sí puede variar dependiendo de la zona de operación de la embarcación, será el tipo de ancla empleado. La naturaleza del fondo de los fondeaderos empleados, va a permitir escoger entre diversos tipos de anclas, siendo todos ellos de alto poder de agarre. /Bruce, Delta, Fortress, Britany, Hall, Danforth, CQR, etc.

Para garantizar el trabajo óptimo del ancla, y consecuentemente conseguir el máximo poder de agarre, se deberán garantizar dos aspectos esenciales: la primera conseguir que **la caña del ancla presente un ángulo cero, o próximo a este valor, respecto a la horizontal,** por otro

lado evitar **las variaciones importantes en la orientación de la proa** en condiciones meteorológicas cambiantes (borneo)**,** en especial en fondos arcillosos**.**

Resulta de especial importancia el primer aspecto; un ancla, en una condición de enterramiento y naturaleza del fondo dada, disminuye de forma dramática su poder de agarre ante valores reducidos del ángulo que forma la caña respecto al fondo, tal y como ha sido estudiado en la expresión 4.4. Sin embargo pequeñas variaciones en la horizontalidad de la fuerza ejercida T (ángulos α próximos a cero), determinarán angulaciones (ángulo de levantamiento de la caña del ancla ε) inapreciables que podrán ser absorbidas por el poder de agarre del ancla.(ver fórmula 5.12). En cualquier caso la forma de garantizar que la acción que la cadena ejerce sobre la caña del ancla se corresponda con una fuerza ejercida horizontalmente, se consigue haciendo que un largo de cadena descanse en el fondo. Para conseguir este efecto vamos a estudiar el comportamiento de la embarcación fondeada en su condición estática.

5. Comportamiento estático

Cuando una embarcación ha fondeado a la gira, la cadena adquiere una trayectoria curvilínea característica que recibe el nombre de catenaria. La catenaria es la curva que forma un hilo ideal, de masa distribuida uniformemente y que cuelga libremente de dos puntos, siendo el más bajo de los dos el vértice de la curva.

El buque fondeado con una sola ancla, en su equilibrio estático, ha de ser capaz:

1. De soportar las solicitaciones que el viento y la corriente ejerce sobre la embarcación en base al poder de agarre del ancla.
2. El estopor capaz de soportar el peso de la catenaria que forma la cadena
3. La cadena, bien por su longitud o por su peso, mantener la caña del ancla en posición horizontal (valores del ángulo α inferiores a 5 grados)

El comportamiento del buque fondeado estará sometido a movimientos de diverso tipo que podrán afectar a la condición del fondeo (ver fig. 5.2):

- Movimientos de tipo vertical, debidos a la acción de las olas o la marea, no afectan al poder de agarre del ancla siempre que la caña del ancla descanse sobre el fondo ($\alpha<5$ grados), sí afecta a la solicitación en el estopor.
- Movimientos de tipo longitudinal, modifican la longitud de cadena en contacto con el fondo y por tanto podrían afectar al poder de agarre, y en su caso a la solicitación en el estopor.
- Movimientos de giro alrededor del fondeo, o de borneo, en el caso de variaciones importantes en la dirección del viento (contrastes) o de la corriente (ángulo de borneo $\beta<45^{o}$), podrán afectar al poder de agarre en el caso de fondos blandos, ya que es posible que el ancla no se entierre en la nueva posición.

Analizamos a continuación el comportamiento estático de líneas de fondeo de tipo homogéneo y del tipo mixto

5.1 Línea de fondeo homogéneo

Siguiendo con nuestra asimilación de la cadena en la situación de fondeo a la gira, como una curva catenaria, en particular una media curva catenaria completa, cuyo vértice corresponde al punto donde la cadena descansa en el fondo y el extremo al punto de contacto de la cadena con el buque (roldana de fondeo). De este modo, y a partir de la situación de ausencia de la acción del viento o la corriente sobre la embarcación, en la que la cadena se suspende de modo vertical hasta el fondo, a la situación límite en la que las solicitaciones actuantes sobre la embarcación determinan el que toda la cadena esté levantada del fondo. Nos encontraremos con multitud de curvas catenarias cuya longitud total varía. En la situación extrema, la conocida como catenaria límite, de seguir aumentando la fuerza del viento, determinará la aparición de una componente vertical en el vértice (fuerza de tracción vertical), conduciendo al levantamiento de la caña del ancla y el posterior "garreo".

Ha quedado dicho que podremos garantizar el máximo poder de agarre del ancla siempre que limitemos los valores angulares α y β (respectivamente levantamiento de la caña y el ángulo de borneo de la embarcación). La primera de las limitaciones la alcanzaremos obligando a que el punto más bajo de la catenaria sea el vértice de dicha curva. De acuerdo con la figura adjunta 5.1, la ecuación de la catenaria de directriz el eje X, trazado a una distancia "*a"* del vértice, y siendo el eje Y perpendicular al anterior que pasa por el vértice, corresponde a la ecuación diferencial *dy/dx =S/a*, donde S es la longitud de la curva catenaria entre los puntos A(*0,a*) y B(R,*a+f*)

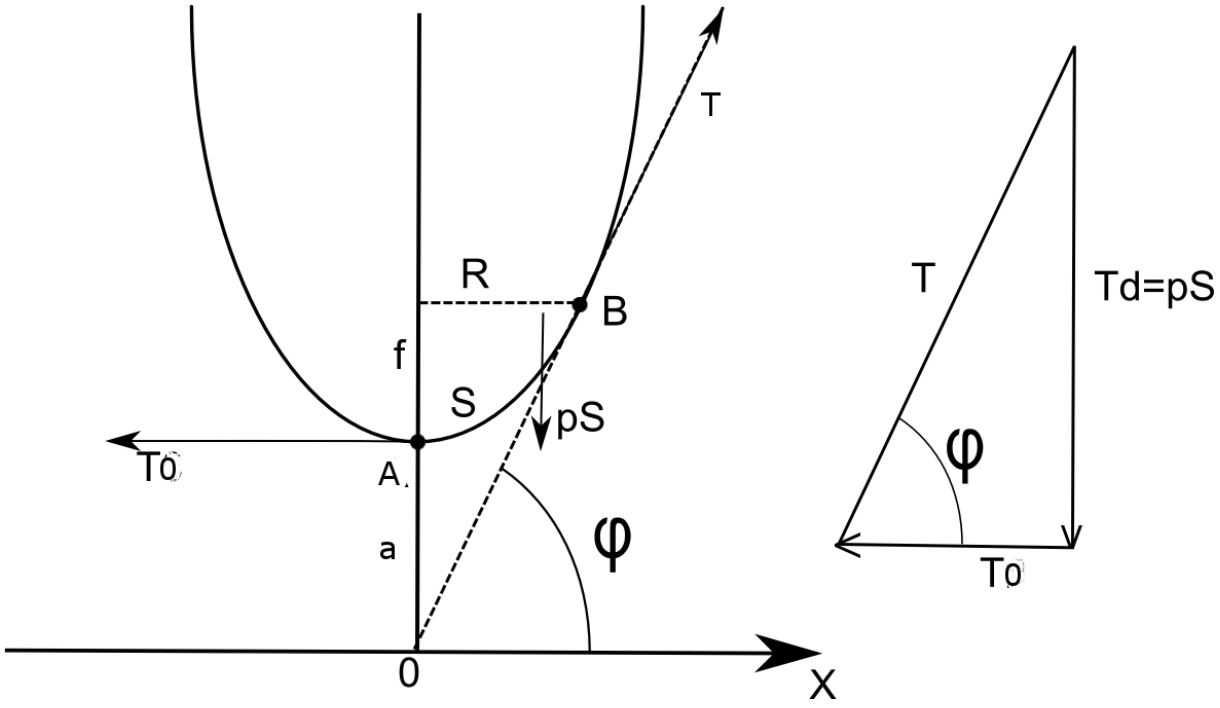


Fig.5.1 – Curva catenaria

La integración de la ecuación diferencial indicada conduce a la siguiente expresión de una función hiperbólica, la ecuación de la curva será:

$$Y = a\ ch\ x/a \qquad (5.1)$$

El triángulo de fuerzas, representado a la derecha de la figura catenaria, compuesto por las fuerzas ejercidas en los extremos de la catenaria ***To*** y ***T*** y el peso del tramo de curva considerado ***Td*** (peso por unidad de longitud *p* y *S* la longitud de la curva, *Td =p.S),* nos permitirá determinar el modelo físico representativo del fondeo de nuestra embarcación. La fuerza ***T*** correspondiente a la tensión de la cadena en el punto de unión con la embarcación, cuya proyección horizontal determinará el esfuerzo en el estopor del buque (punto de fijación de la cadena a bordo). El parámetro ***To*** representa la solicitación ejercida por el viento y la corriente sobre el buque, siendo igual a la fuerza ejercida sobre el ancla que descansa en el fondo. Por último, el peso de la cadena correspondiente vendrá representado por el parámetro ***Td.***

Mediante la expresión anterior se podrá relacionar los tres parámetros que conducen a la solución del problema físico, a partir del valor de la solicitación ejercida por el buque y el poder de agarre de nuestro ancla, determinar la longitud de cadena a largar. (ver ref. 8)

La fórmula permite obtener la tensión en cualquier punto de una catenaria en función de la tensión en el vértice (donde p es el peso unitario, y f la altura del tramo que separa los puntos considerados, en este caso los extremos)

$$T = To + f.p \qquad (5.2)$$

La incógnita correspondiente a la longitud de cadena a largar vendrá determinada por la expresión:

$$S = \sqrt[2]{f\frac{(2To + Pa * f)}{Pa}} \qquad (5.3)$$

Donde f - profundidad en m. (considerando la altura de la proa)
Pa - peso aparente de cada metro de cadena
To - fuerza que actúa sobre la embarcación

La expresión anterior se puede escribir en función del cociente N, (s/f), que representará la relación entre la longitud de cadena largada y el fondo existente

$$N = \sqrt[2]{1 + 2\frac{To}{Pa * f}} \qquad (5.4)$$

La ecuación anterior indica con claridad que el valor N, dependerá de la fuerza que actúa sobre la embarcación (To), siendo directamente proporcional, y de forma inversa con la profundidad del lugar. En ningún caso se podrá generalizar un valor prefijado (habitualmente, de forma errónea, se maneja el valor de N=3)

La máxima profundidad a la que podré fondear la embarcación, para una longitud dada de la línea de fondeo (s) y un valor dado de la fuerza To, vendrá dada por la raíz positiva de la ecuación en f, de la ecuación 5.3:

$$fmax. = \sqrt{s^2 + (To/Pa)^2} - \text{To/Pa} \qquad (5.5)$$

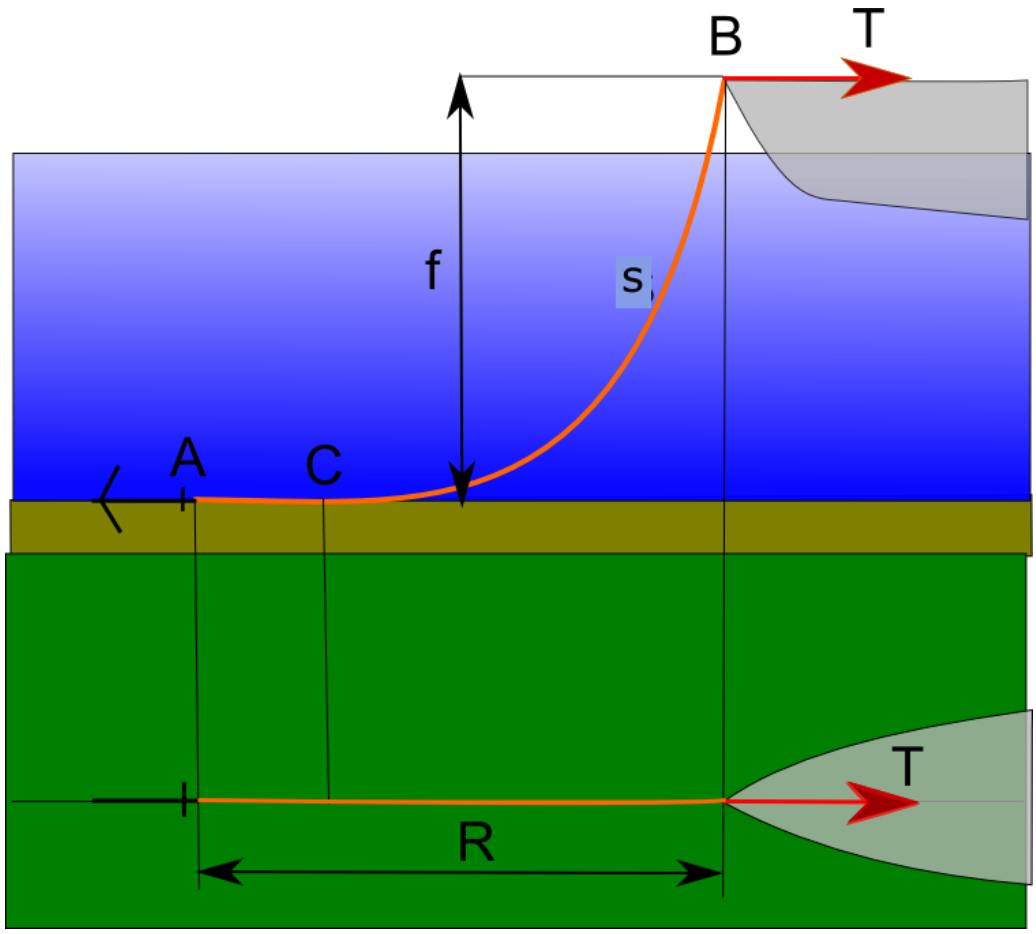


Fig.5.2 - Principales parámetros del fondeo a la gira

La acción del viento para las embarcaciones de motor se obtiene a partir de las expresiones recogidas en la ref . 8

$$Tv = \frac{3}{64}\, k1 * Vv^2 * B * H \qquad (5.6)$$

Siendo:

k1 constante que depende del resguardo del fondeadero
Vv velocidad del viento en m/sg
B – manga de la embarcación
H – altura efectiva desde la línea de la flotación hasta el techo de la caseta más alta con manga superior a B/4

La ref. 4 aconseja la utilización de la fórmula publicada por el American Boat and Yacth Council, debido a su buena aproximación a la estimación del efecto del viento sobre las embarcaciones de vela, con la consideración del efecto de la jarcia y el mástil

$$Tv = 0.0089\, L^{1.66}\, Vv^2 \qquad (5.7)$$

Siendo :

L la eslora total de la embarcación
Vv la velocida del viento en nudos

En aquellos casos en que actúe la corriente marina se determinará ésta en función de la superficie mojada de la embarcación, de acuerdo con la siguiente expresión

$$Tc = Cf * \frac{1}{2}\rho * Vc^2 Am \qquad (5.8)$$

Cf coeficiente de la resistencia a la fricción que actúa sobre la obra viva

ρ densidad del fluido

Vc velocidad de la corriente
Am superficie mojada del casco

Estimando el valor de Cf mediante la ITTC – 57 y operando obtendríamos:

$$Tc = 258.33 * 10^{-3}\, (d * \delta + b) * (B + 2T) * Vc * (Vc * Lpp)^{\frac{4}{5}} \qquad (5.9)$$

Donde
d, b serán coeficientes que dependen del tipo de proa (cilíndrica o con bulbo)
δ coeficiente de bloque

Lpp eslora entre perpendiculares
B manga
T calado

Para el caso de la acción conjunta del viento y la corriente la expresión de la fuerza total actuante, dependerá de los valores angulares α1 y α2 que formen el viento y la corriente incidentes con la línea de crujía en la posición de equilibrio final.

$$To = Tv \cos\alpha 1 + Tc \cos\alpha 2 \qquad (5.10)$$

El poder de agarre del ancla se calcula mediante la expresión

$$To = k * Pancla^{1.4} \qquad (5.11)$$

Donde k coeficiente de poder de agarre se determina a partir de un atabla de doble entrada; el tipo de fondo y el ancla considerado, contenido en las tablas 4.1 y 4.2

Las anclas consideradas se refieren a aquellas de utilización habitual en embarcaciones de recreo (las seis primeras), mientras que las dos últimas se corresponden con modelos de uso habitual en la marina mercante.

Siempre deberá cumplirse la condición de NO GARREO, esto es:

Poder de agarre del ancla = $k * Pancla^{1.4} > valor\ calculado\ To$ (5.12)

Deberá hacerse una especial consideración respecto aquellos casos en los que se pueda considerar como admisible un cierto "levantamiento" de la caña del ancla, la denominada "angulación". La consideración de un pequeño valor angular α (menor de 5 grados), producirá una considerable elevación en el valor de la tensión admisible en el extremo de la catenaria:

$$T\alpha = \mathrm{To}\ \cos\alpha \Big/ 1 - {}^{s}/_{f}\ \sin\alpha \qquad (5.13)$$

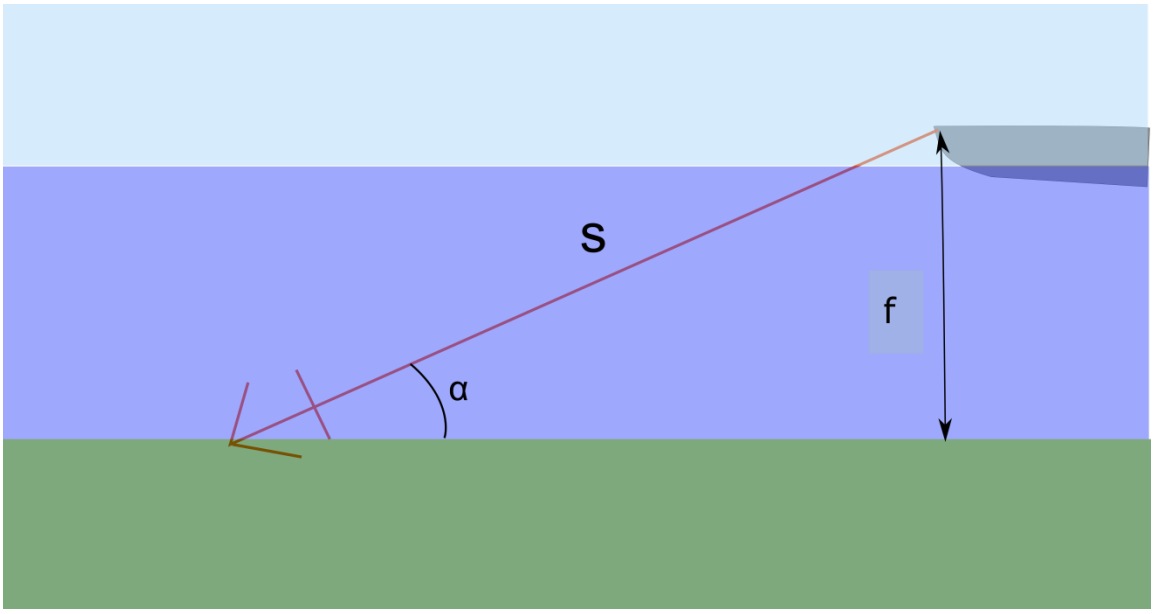


Fig. 5.3 – fondeo con cabo- parámetros principales y efecto del angulamiento

Finalmente la tensión que soportan las garras del estopor será la correspondiente a la ecuación que relaciona la tensión en el extremo de la catenaria (punto de unión al buque), con la tensión en el vértice de la curva, tensión To:

$$T = To + f * p \qquad (5.14)$$

Donde:

f = profundidad
p = peso unitario de la cadena

La máxima intensidad de viento que puede soportar la embarcación en el fondeadero considerado, vendrá dado por igualar el máximo valor que puede tomar el parámetro To y la expresión (4.4) que la relaciona con la fuerza que el viento ejerce sobre la obra muerta de la embarcación, despejando la incógnita Vv.

La máxima profundidad del tenedero en el que se puede fondear para una condición de viento dada, vendrá determinado por el cálculo de la raíz positiva en f, de la ecuación siguiente:

$$To = Pa \frac{S^2 - f^2}{2f} \qquad (5.15)$$

Donde:

S = longitud total de la cadena (número total de largos a cada banda)
f profundidad en metros

5.2 Línea de fondeo heterogénea

Ha quedado claro que la línea de fondeo transmite la resultante de fuerzas que actúan sobre la embarcación al ancla contraponiéndola al poder de agarre de éste. La cadena resulta el elemento adecuado a emplear, mientras que el cabo por su flotabilidad resulta inadecuado.

Las embarcaciones de vela de pequeña eslora adoptan soluciones ingeniosas para la línea de fondeo como podría ser la utilización de cabos aplomados o la disposición de un peso intermedio en la línea de fondeo.

A partir de la expresión que determina la máxima fuerza que podrá soportar el fondeo (será lo mismo indicar la fuerza que consigue elevar la cadena s del fondo)

$$To = Pa\ \frac{s^2 - f^2}{2f} \qquad (5.16)$$

Donde s = longitud de cadena largada
f = profundidad en metros
Pa = peso unitario de la cadena en el agua

Si ahora suspendemos un peso k a una distancia Lk de la proa, la expresión anterior se convierte en:

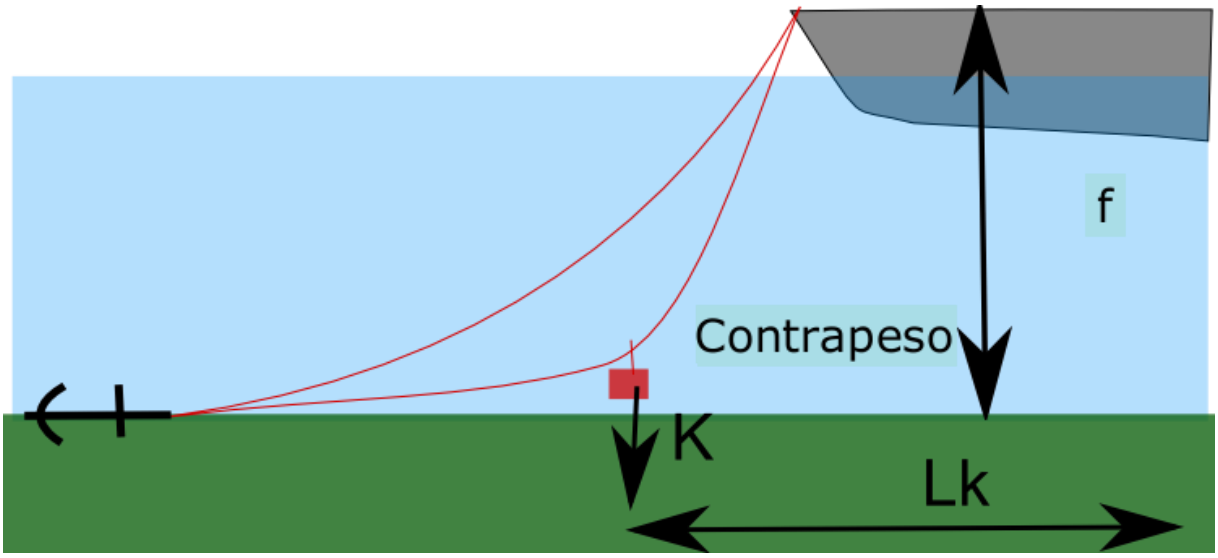


Fig. 5.4 - Fondeo mediante cabo y peso suspendido

$$Fk \approx To + k * \frac{Lk}{f} \qquad (5.17)$$

De la expresión anterior se deduce que el máximo valor se obtiene para el caso de situar el peso lo más próximo posible a la caña del ancla.

De este modo una solución podrá venir dada por la situación del peso representado, por una pequeña longitud de cadena unida a un cabo de una fibra textil. Ante esta nueva composición de la línea de fondeo, tendremos que la profundidad f que permite alcanzar el tramo de cadena Sch, deberemos añadirle la correspondiente a la adición de la longitud de cabo Scabo.

En esta situación podremos estimar la máxima profundidad de fondeo alcanzada para una situación dada, mediante el incremento de la profundidad calculada en la expresión 5.5 en el valor fcabo (ver figura 5.5)

$$fcabo \approx Scabo * \frac{2Scadena * fcadena}{Scadena^2 - fcadena^2} \qquad (5.18)$$

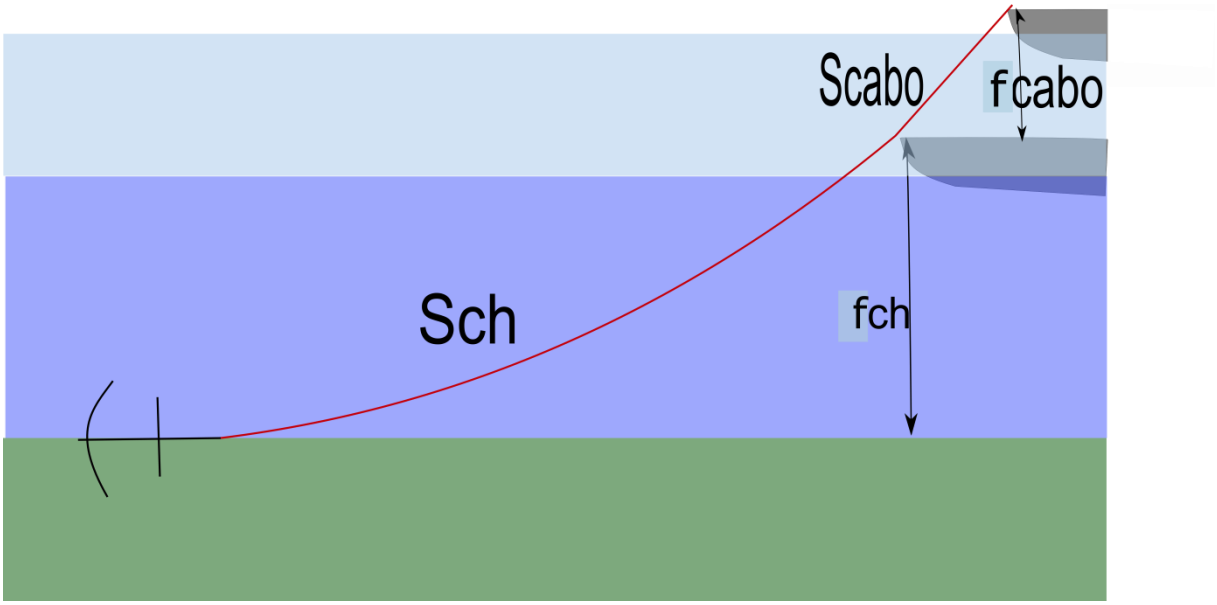


Fig. 5.5 - Línea de fondeo mixto

6. Comportamiento dinámico

Han quedado indicadas con anterioridad las propiedades que la línea de fondeo debe poseer, de cara a la consecución de las finalidades de nuestro fondeo:

1. La línea de fondeo deberá traccionar el ancla en la dirección que éste presente el máximo poder de agarre.
2. La línea de fondeo deberá ser fácil de estibar a bordo, facilitando las labores de largado y cobrado.
3. Deberá actuar amortiguando los esfuerzos repentinos, debidos al viento y las olas, sobre el ancla y la embarcación.

Los dos primeros requerimientos, han sido estudiados en los apartados anteriores, correspondiendo ahora el análisis del amortiguamiento introducido por las fuerzas actuantes en la condición dinámica.

Variación temporal de la intensidad del viento

Para ello consideremos la condición de permanencia en el fondeadero con una situación de viento racheado (incrementos temporales de la intensidad del viento actuante), se parte de una situación de fuerza actuante sobre la embarcación Fo, para a continuación alcanzar una nueva condición Fv. En este caso considerado, la embarcación retrocederá bajo el efecto del viento adquiriendo una velocidad creciente en su retroceso. La aceleración que la embarcación adquiere se traduce en una fuerza de inercia que el fondeo (en concreto la línea de fondeo), deberá contrarrestar. Consideremos el comportamiento de la línea de fondeo como de un

modo completamente elástico, similar a un muelle de constante "k", y longitud Lo. Si aplicamos una fuerza F, la nueva longitud L vendrá dada por la expresión:

$$L = Lo + F/k \qquad (6.1)$$

Siendo la extensión del muelle $\Delta L = F/k$, los valores de la velocidad máxima de retroceso dependerán de la expresión

$$Vmax = \frac{F}{\sqrt{k * M}} \qquad (6.2)$$

En la posición de anulación del movimiento corresponderá la máxima tensión en el muelle

$$Tmax = 2F \qquad (6.3)$$

La variación de los parámetros de posición, velocidad, aceleración y tensión sobre el fondeo seguirán una ley senoidal de periodo $2\pi\sqrt{M/k}$. Actuando la fricción del agua como amortiguamiento.

En el caso de nuestro fondeo la tracción sobre éste será independiente de la masa de la embarcación, alcanzando el doble del valor de la fuerza del viento sobre el barco.

A continuación, analizaremos la respuesta dinámica de la misma embarcación con diferentes líneas de fondeo. Ahora se trata de dispositivos elásticos que tratan de limitar la sobretensión que las fuerzas de inercia ejercen sobre el fondeo, pero sin conseguir la eficiencia del muelle.

Inicialmente consideremos una fuerza debida a las fuerzas de presión del viento de Fo, que se incrementa repentinamente al nuevo valor Fv (ver ref. 4), estudiaremos la respuesta dinámica de la embarcación dotada de diversos trenes de fondeo: homogéneos mediante cadena y cabo, disposición de un peso suspendido en la línea de cabo, fondeos heterogéneos compuestos de cadena y cabo en proporción variable. En cada caso se considerará la consecución de los objetivos generales, así como el alcanzar la condición de amortiguamiento requerida en la situación dinámica.

	LÍNEA HOMOGÉNEA			**LÍNEA HETEROGÉNEA**	
	Cadena	**Cabo**	**Cabo con contrapeso**	**Cadena-cabo (40/60)**	**Cadena-cabo (80/20)**
Criterios generales					
Tracción horizontal del ancla	SI	No, a no ser que se utilice una línea muy larga	Si, pero limitado al peso que utilicemos	SI	SI
Fácil estiba a bordo	SI	SI	No, debido al peso adicional	SI	SI
Facilita las	Si, pero se	SI	No, difícil	De forma	Si, pero se

labores de largado y cobrado del ancla	hace necesaria la ayuda del molinete		tarea de cobrado y largado del peso	moderada, debido a la transición entre cadena y cabo	hace necesaria la ayuda del molinete
Comportamiento dinámico					
Sobretensión actuante	(3Fv –Fo)	(2Fv – Fo)			
Reduce el esfuerzo de tracción	Muy poco,	De forma considerable	De forma considerable	bastante	algo
Velocidad de retroceso	alta	media	baja	media	alta
Zona de movimiento (borneo)	reducida	amplia	amplia	media	baja
Abrasión de la línea con el fondo	baja	alta	alta	media	media

Tabla 6.1

Las enseñanzas que podemos extraer de la consideración de la tabla anterior podrán ser:

- La utilización de un fondeo del tipo homogéneo formado por cadena garantiza el correcto funcionamiento del ancla, así como la correcta maniobra siempre que se cuente con el auxilio de un molinete. Contemplando el análisis dinámico la acción de vientos de intensidad variable, ocasionará una importante sobretensión debido a la baja capacidad de amortiguamiento que presenta la cadena. Por otro lado la velocidad de movimiento de la embarcación será elevada, pero dentro de una zona reducida.
- El fondeo de tipo homogéneo mediante cabo, no cumple los criterios de tipo general (tracción horizontal de la caña del ancla), pero actúa reduciendo el esfuerzo de tracción al ser la sobretensión actuante debido a las de inercia bajo, (baja velocidad). Por el contrario la zona de movimiento será amplia.
- Situar un peso en la línea de fondeo, actúa reduciendo la velocidad de retroceso, así como la sobretensión actuante. Por el contrario las labores de maniobra se verán complicadas.
- Soluciones heterogéneas que combinan cadena y cabo presentarán características intermedias entre las indicadas, correspondiendo las columnas finales a soluciones del tipo mixto en proporciones variables 40/60 y 80/20 que resultarán la solución mas eficaz para el fondeo de embarcaciones de vela. Entre ellas la primera resultará el mas eficaz en términos de amortiguamiento del movimiento.

Variación temporal de la dirección del viento

En suposiciones anteriores, siempre hemos considerado la simetría de la embarcación unido a la invariabilidad de la dirección del viento, lo que a la postre se traducía en el mantenimiento de una situación de embarcación aproada al viento. En la práctica esto no resulta ser así, ya que los fondeaderos, en su proximidad a la costa, se encuentran afectados de accidentes geográficos, tales como colinas, acantilados vegetación, que afectan a la dirección del viento. En este caso deberemos considerar la aplicación de un complejo sistema de fuerzas actuantes:

- Fuerza debido a la acción del tren de fondeo T, de punto de aplicación en la roldana de fondeo B, y dirección el de la línea de fondeo
- Fuerzas de inercia debido al movimiento de la embarcación y cuyo punto de aplicación corresponderá a su centro de gravedad G.
- Fuerza de origen aerodinámico V debido a la acción del viento sobre la obra muerta y superestructura, cuya resultante se aplicará en el centro de fuerzas aerodinámicas.
- Fuerzas de tipo hidrodinámico, que aparece con el movimiento de la embarcación y debido a la acción de los apéndices (quilla y el timón), así como la obra viva. La resultante H será de aplicación en el centro lateral de presiones.

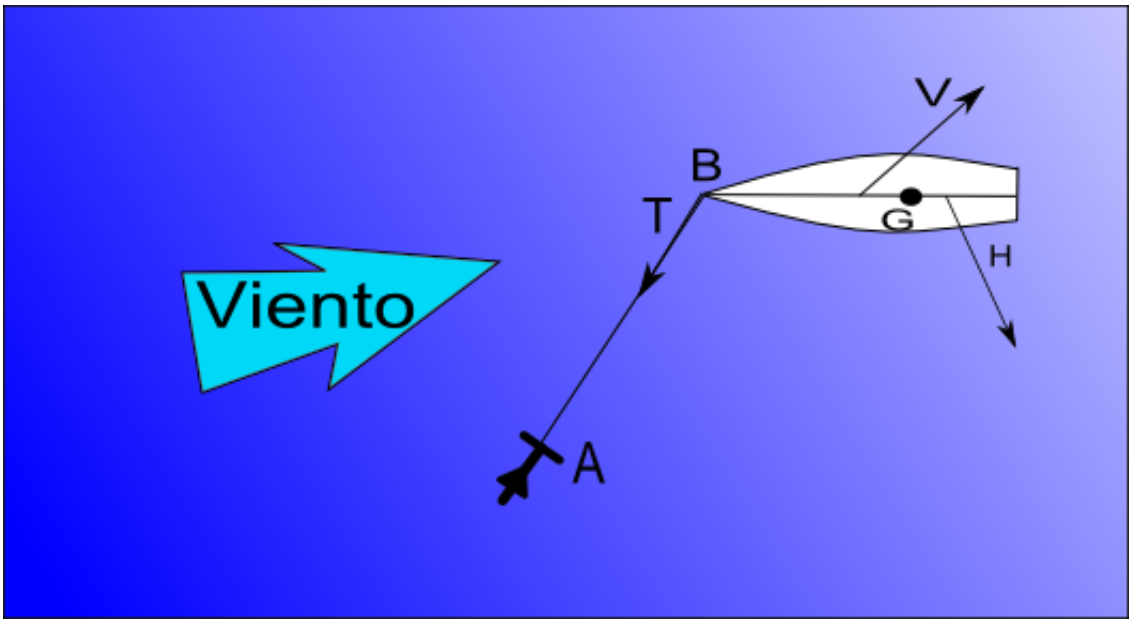


Fig. *6.1- Sistema de fuerzas actuantes ante viento de dirección variable*

En una embarcación de vela en navegación, el centro lateral de presiones, así como el centro vélico y el centro de gravedad, se encuentran muy próximos, pero en la situación de fondeo, por tanto con las velas arriadas, la situación varía. En éste caso, la resultante de las fuerzas aerodinámicas tendrá un punto de aplicación muy a proa del centro de presión lateral de la carena, resultando un importante par de fuerzas que tenderá a alejar la proa del viento. Al aumentar el ángulo que forme la proa, el predominio del aparejo y superestructura de popa, determina un desplazamiento del punto de aplicación a popa del centro de gravedad, apareciendo un nuevo par de fuerzas que tiende a restaurar la posición inicial. De no ocurrir lo anterior, aparecerá un nuevo par junto a la fuerza del tren de fondeo aplicada en la roldana,

que se opondrá al anterior. En definitiva se produce un movimiento de orzada para a continuación recuperar la posición sometiendo a la embarcación a un movimiento de balance.

La consideración de la magnitud de las fuerzas hidrodinámicas que intervienen, determinará la importancia del fenómeno de orzada y balance, se podrá concluir:

- Embarcaciones de motor, presentan una clara preponderancia de las fuerzas de tipo aerodinámica (A), sobre las hidrodinámicas (H), de modo que a un amplio y rápido movimiento de orzada, sucede un moderado balance.
- Embarcaciones de vela, con bajo desplazamiento determina un poco importante presencia de las fuerzas de inercia, y por contra un elevado valor de H y A. Amplios movimientos de ambos tipos.
- Embarcaciones de vela clásica, presentarán una elevada inercia, y por el contrario baja influencia de H y A. resultando moderados movimientos de orzada y balance.

Las posibilidades de actuación buscando atenuar éste indeseable efecto, vendrán dadas de la adopción de acciones encaminadas a:

- El desplazamiento hacia proa del punto de aplicación del efecto del fondeo mediante la incorporación de punteras para incorporar la roldana de fondeo (B).
- Retraso del punto de aplicación de las fuerzas aerodinámicas (A), incrementando la superficie expuesta en popa (vela de capa)

7. Conclusiones

1. La permanencia en el fondeadero constituye una fase activa en el uso de las embarcaciones de recreo.
2. El fondeo perfecto será aquel que mantiene la condición con independencia de la predicción de mar y viento existente, resistiendo los correspondientes esfuerzos derivados de la condición sin sufrir daños (dentro de la carga máxima de trabajo establecida en el diseño)
3. El desarrollo de la maniobra de fondeo así como el peso de ésta, deberá permitir la realización de la operación con sencillez.
4. Serán funciones de la línea de fondeo:
   - Traccionar el ancla en la dirección que éste presente el máximo poder de agarre.
   - La línea de fondeo deberá ser fácil de estibar a bordo, facilitando las labores de largado y cobrado.
   - Deberá actuar amortiguando los esfuerzos repentinos, debidos al viento y las olas, sobre el ancla y la embarcación.
5. La determinación del tren de fondeo (conjunto de ancla y línea de fondeo), vendrá dada de la consideración del conjunto de fuerzas intervinientes en la operación; Las debidas a la acción del **viento** y del **mar** sobre la embarcación, y la interacción del ancla con el **fondo** marino, finalmente los **movimientos del barco** debidos a la acción

de las fuerzas aero e hidrodinámicas determinarán la presencia de las correspondientes fuerzas de inercia.

6. Para cualquier tipo de ancla; el poder de agarre, con independencia del tipo de fondo del que se trata, dependerá del cumplimiento de las condiciones siguientes:
   - Del grado de enterramiento de las uñas del ancla, así como de que éste sea simétrico.
   - Que la articulación de las uñas esté en posición abierta.
   - Que las condiciones anteriores se cumplan en situaciones cambiantes en cuanto a solicitaciones.
   - En cualquier condición la caña se ha de mantener paralela al lecho marino.

   Las primeras condiciones deberán darse si el ancla ha sido correctamente diseñado. La última condición responde a la elección de la línea de fondeo.
7. El poder de agarre de un ancla se calcula a partir de la expresión 4.2 y las tablas anexas. La variación en este parámetro debido al levantamiento de la caña del ancla, se determina mediante la expresión de la angulación.
8. En el caso de la línea de fondeo homogénea, su asimilación a una línea catenaria, permitirá determinar los parámetros de establecimiento del fondeo (longitud de cadena a largar), para evitar la situación de " garreo".
9. En el caso de utilizar una línea de fondeo del tipo heterogénea (cabo y cadena), la máxima profundidad en el fondeo para una longitud de cadena dada S, se verá incrementada en el valor de la expresión 5.18.
10. La condición dinámica en el fondeo vendrá dada por la variación en la intensidad y dirección del viento, con la consiguiente variación de las fuerzas de tipo aerodinámico que actúan sobre la embarcación. De igual modo deberemos tener en cuenta la acción de las fuerzas del tipo hidrodinámico y las debidas a la inercia de la embarcación. La tabla 6.1 indica su efecto sobre el fondeo.
11. La utilización de líneas de fondeo del tipo heterogéneo, permite reducir el peso del tren de fondeo (ventaja a la hora de operar el molinete, así como en la condición de navegación de la embarcación), soluciones del tipo 40/60 o 80/20 resultan muy adecuadas en embarcaciones de recreo a vela, tal y como indica la tabla 6.1

8. Bibliografía

1. Carral Couce, L- Particularidades en el diseño de molinetes de anclas destinados a embarcaciones de recreo – Revista de Ingeniería Naval , nº 809, noviembre 2003
2. Coll Alas, M – Fondeo, teoría matemática – Revista de Ingeniería Naval , marzo 1980
3. Comas Turnes, E – Equipo y Servicios – Vol. 1 – Servicio de publicaciones de la Escuela Técnica
4. Fraysse, Alain – Sail rode forces – http:/Alain.Frysse.free.fr/sail/rode/forces.htm
5. Heinz, Earl – The complete book of Anchoring &Mooring
6. Hodges, T – Springer B – Ultimate holding power – Yacthing monthly- diciembre 2007
7. Poiraud, A., Ginsberg-Klemmt A., Ginsberg-Klemmt E. – The completeanchoring handbook – Mc Graw Hill 2008
8. Quereda Laviña, Ramón – Análisis de esfuerzos en la cadena y el ancla de buques fondeados a la gira – Revista de Ingeniería Naval, nº , marzo 2000
9. Sagarra R.M. – Maniobra de los buques – Ediciones UPC Barcelona 1994
10. Shane, Victor – The drag device data base
11. Shewmon, Daniel – The sea anchor & drogue handbook

Sistema de Supervisión y Control de la Maniobra de Fondeo de Embarcaciones de Recreo.

Autores: **Gerardo González Filgueira**[1] *Doctor en Informática*, **J.A. Fraguela**[1] *Doctor Ingeniero Naval*, **L. Carral**[1] *Doctor Ingeniero Naval*, **M. J. Rodríguez Guerreiro**[1] *Licenciada en Ciencias Biológicas*, **M. Rivera**[2] *Ingeniero Técnico Industrial*, **J. C. Carral**[2] *Ingeniero Industrial*.
e-mail: gerardog@udc.es, lcarral@cdf.udc.es, jafraguela@udc.es, chus@cdf.udc,es, harlindon2@hotmail.com, jcarral@tallerescarral.com
[1]Universidad de A Coruña, España
E-15403. C/Mendizábal. Ferrol (A Coruña). España.
[2]Carral Marine Technology.
E-15008. C/ Martinete 10-11. A Coruña, España.

Resumen:

En este trabajo se presenta un sistema de supervisión y control automatizado de la maniobra de fondeo, mediante la adquisición, mantenimiento y supervisión de todas las variables que intervienen en ella, así como la permanencia de la embarcación en el fondeadero. El sistema se aplicaría a embarcaciones de media y gran eslora dotadas de un sistema de fondeo accionado eléctricamente. El sistema no sólo está pensado para automatizar y asistir al patrón o capitán en la maniobra de fondeo, sino que deberá incorporar un dispositivo de vigilancia permanente que permita detectar situaciones peligrosas durante la permanencia en el lugar de fondeo. La situación a detectar es, el garreo (deslizamiento sobre el fondo) del ancla, debido a que la solicitación que el buque ejerce sobre el fondeo rebasa la capacidad de agarre de éste. El garreo del ancla se puede deber; al incremento en las solicitaciones que viento y corriente ejercen sobre el buque (empeoramiento de las condiciones atmosféricas reinantes) o a la modificación en la eficacia del tren de fondeo al haberse modificado la sonda del lugar de fondeo (subida de la marea, bajada de la marea o por el propio movimiento de borneo, giro respecto al punto de fondeo) del barco hacia zonas de menor profundidad. Ante esta situación el sistema deberá generar una alarma o aviso a la tripulación, informando del peligro y recomendando algún tipo de acción.

Palabras Clave: Supervisión, Control, fondeo, embarcación, Autómata Programable.

1. Introducción

A mediados del siglo XX, la popularización de la actividad náutica ha propiciado la creación de una numerosa flota de yates que representan un aspecto más del uso lúdico del mar. La adaptación de este tipo de embarcaciones a la actividad a realizar, con la consiguiente

diferenciación respecto a otros tipos de buques, constituye una de las características de evolución de los buques; la especialización en tráficos o actividades. En consonancia con esta actividad los equipos deberán adaptarse a las peculiaridades de su utilización.

La maniobra de fondeo y la posterior permanencia en el fondeadero, en la marina mercante constituye una etapa en la fase de navegación marítima [2][3]. Suele anteceder a la fase de detención en puerto o fase portuaria en los momentos de espera debido a la congestión de la instalación portuaria. Se trata pues, de mantener al buque inmovilizado durante un tiempo de espera que se intenta que sea mínimo. Por todo ello cobra una importancia menor frente al tiempo de navegación. El uso recreativo del mar determina la utilización de la embarcación, tanto en navegación como permaneciendo detenida, para la realización de multitud de actividades. Es por ello, que la embarcación permanece en esta condición de fondeo un tiempo importante, sobre el total de su tiempo de utilización.

El objetivo de este trabajo es el diseño conceptual y de detalle de un sistema, que permita realizar de modo automático la supervisión y control de la maniobra de fondeo, mediante la adquisición, mantenimiento y supervisión de todas las variables que intervienen en ella, y la permanencia de la embarcación en el fondeadero.

2. Descripción Sistema de Control

La condición de fondeo constituye una fuente de preocupaciones para la tripulación de las embarcaciones de recreo. Esto se debe a varios factores: tripulaciones reducidas, falta de profesionalidad o inexperiencia de los tripulantes, cansancio tras una navegación larga, desconocimiento de la zona, o simplemente falta de atención durante la maniobra o la permanencia ya que el objetivo de la actividad es el recreo de los participantes. Esta preocupación es especialmente acusada cuando se decide fondear en una cala o abrigo para descansar o pasar la noche, lo que lo hace especialmente peligroso si las condiciones meteorológicas cambian durante este período de tiempo [4][5].

El sistema de fondeo experto para yates (ver Fig. 1.) agrupa a un conjunto de dispositivos que constituyen un sistema de supervisión y control de la maniobra de fondeo del tipo “inteligente”. En líneas generales, el sistema permite la preparación de la maniobra, realizará la secuencia de maniobras necesarias para la ejecución del fondeo. A continuación determina las acciones necesarias para mantener la condición de fondeo en condiciones seguras. Finalmente el sistema constituye una supervisión continua de los parámetros determinantes de la condición de buque fondeado.



Fig. 1. Megayate: Ejemplo de Sistema objeto de Supervisión y Control de la maniobra de fondeo.

El sistema está constituido a nivel conceptual, por lo siguientes elementos:

- **Instrumentos** convencionales **de navegación** que integre el barco habitualmente. Estos son: sonda, corredera, anemómetro y veleta. La sonda proporciona información sobre la profundidad existente bajo el casco del barco, parámetro fundamental para determinar la condición de fondeo y evitar la varada del yate. La corredera nos proporciona información de la velocidad del barco, aunque en el caso de este instrumento mide la velocidad de superficie, por lo que nos proporciona información del valor de las corrientes existentes en la zona. Y, por último, el anemómetro y la veleta muestran la velocidad y dirección del viento respectivamente. Estos parámetros serán utilizados para deducir si el barco está aproado al viento y a partir de las lecturas de la velocidad del viento, poder estimar la fuerza aproximada que éste ejerce sobre la obra muerta del buque (parte del buque que sobresale por encima de la línea de flotación).
- **Molinete de ancla** (ver Fig. 2) e **instrumentación adicional y elementos de maniobra remota**. La instrumentación adicional que se ha decidido incorporar para dotar al sistema de las prestaciones definidas consta de: medida de longitud de cadena largada y medida de tensión en la cadena. La medida de longitud de cadena se conseguirá mediante la instalación de un sensor en el barbotén, que genere un número fijo de impulsos por cada vuelta que da la cadena. De esta forma se puede totalizar la longitud de cadena que se ha soltado. En cuanto a la medida de tensión en la cadena, se puede realizar de dos formas diferentes: midiendo el par en el motor (ya sea hidráulico o eléctrico) o instalando una galga extensiométrica en el estopor. Los elementos de maniobra remota están formados

por actuadores eléctricos o hidráulicos, que a modo de estopor, permitan enclavar la cadena y evitar que el molinete quede en tensión durante largos períodos de tiempo, y desenclavarla cuando haya que realizar alguna maniobra.



Fig. 2. Pareja de molinetes diseñados y fabricados por Carral Marine Technology, instalados en un megayate.

- **Unidad de captación y procesado de señales**. Este elemento constará de un autómata programable, encargado de la adquisición de la señales y de su procesado para la toma de las decisiones oportunas en cada momento. En la Fig. 3 se muestra la implementación física del sistema.



Fig. 3. Maniobra eléctrica del PLC bajo pupitre en el puente.

- **Pantalla de interface con el usuario**. Se dotará al sistema de una pantalla (ver Fig. 4) donde el capitán del barco pueda introducir y ver toda la información que maneja el sistema, desde la introducción de consignas hasta la monitorización de alarmas. En la

condición de mantenimiento del fondeo, un mímico mostrará los parámetros principales de la condición. Esta pantalla estará conectada con la CPU de procesado.



Fig. 4. Pantalla y Consola de Mando en Puente.

Se han determinado las funciones que el sistema desarrolla:

a) ***PREPARACIÓN DEL FONDEO***, permitirá determinar, para un fondeadero dado, las condiciones de fondeo en las situaciones de fondeo con viento, corriente o ambas condiciones. El sistema calculará la solicitación ejercida por el buque sobre la cadena del fondeo, la cantidad de cadena a largar, y la relación entre este valor y la sonda del tenedero. De igual modo determina la condición límite de máxima intensidad de viento, que la embarcación puede soportar con su tren de fondeo actual en el fondeadero seleccionado (condición de no garreo).

b) ***DAR FONDO***, considerando las condiciones ambientales existentes en el lugar escogido para el fondeo, se obtiene la cantidad de cadena a filar. Previamente el molinete arrancado, embragado, desfrenado el barboten y liberado el estopor, el sistema permite desvirar la cadena hasta que el buque "haga cabeza" sobre el ancla y se dé por finalizada la maniobra. Finalmente, y al igual que en la pantalla anterior, el sistema calculará la máxima intensidad de viento que puede soportar el buque en ese fondeadero, informando de ello al capitán.

c) ***MANTENIMIENTO DE LA SITUACIÓN DE FONDEO***, a partir de la información recibida del anemómetro y del sondador se recalculan las variables del fondeo (cantidad de cadena largada), proponiendo la actuación sobre el molinete. De igual modo, existirá una alarma que se dispare cuando la condición de viento sobrepase la situación segura calculada con anterioridad.

d) ***SUPERVISIÓN DE LOS PARÁMETROS DE FONDEO***, en cualquier momento se viualizarán los valores correspondientes a:

- Longitud de cadena largada.
- Longitud de cadena necesaria
- Tracción sobre las garras del estopor
- Poder de agarre del ancla
- Velocidad del viento
- Velocidad máxima admisible en condición segura
- Profundidad
- Relación cadena largada/profundidad

3. Unidad de captación y procesado de señales.

La unidad de captación y procesado de señales constituye el corazón del sistema. El presente proyecto se aplicaría a embarcaciones de recreo de media y gran eslora dotadas de un sistema de anclado accionado eléctricamente y donde para el mando de la embarcación no es preciso disponer de un personal experimentado. La dificultad del mismo radica, no en el número de sensores y actuadores, sino en la dificultad que entraña un proceso de lectura de una trama de datos para el correcto control de la embarcación. Se trata de un proceso novedoso en el mercado de fabricación de embarcaciones, que tiene por objeto simplificar, automatizar y ayudar en las actividades de control y fondeo de la misma, e integrar diversos protocolos de comunicación.

El sistema está formado por un dispositivo de control “inteligente” como es un autómata Programable, PLC, que recibe información a través de sensores como son al anemómetro, la sonda de profundidad, el sensor corredera todos con salida NMEA [6], para transmitir información a actuadores como es el accionamiento eléctrico del ancla, Dispositivo de alerta y Dispositivo de atención al funcionamiento. Todos los dispositivos se integran mediante una red de comunicación a través de los distintos protocolos de información (NMEA-RS232-RS485).

El control del Sistema se lleva a cabo mediante una pantalla táctil. La Fig. 5 muestra el Diagrama de bloques del Sistema donde se puede apreciar la instrumentación, la CPU, la pantalla de interface y la conexión con el molinete de ancla.

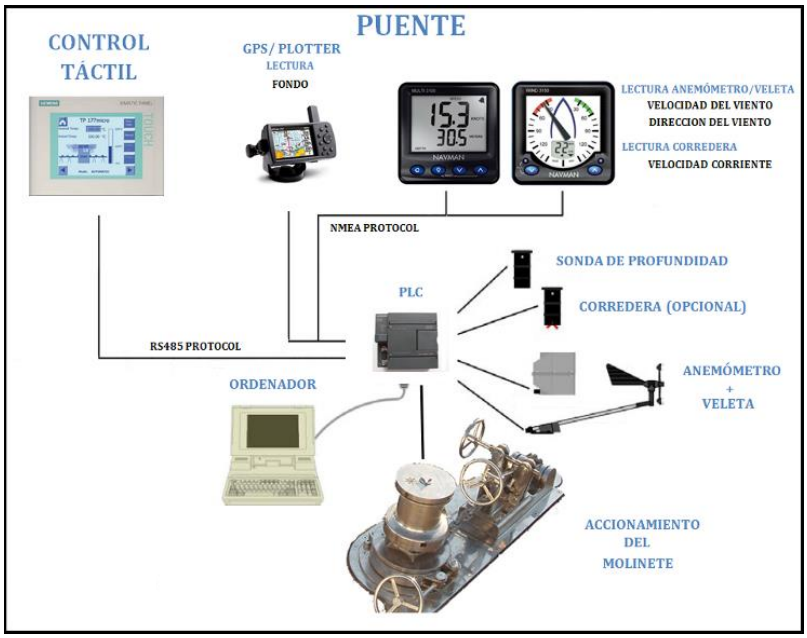


Fig. 5. Diagrama de bloques del Sistema.

Una vez se inicializa la maniobra de fondeo de la embarcación, el Autómata recibe la información de todos los sensores (Anemómetro, Sonda etc). El algoritmo de control interpreta los datos recibidos y actúa en consecuencia actuando sobre el accionamiento eléctrico para mantener estable la embarcación o avisando al personal si la integridad de la misma está en riesgo.

Finalmente se realiza la implementación del conjunto de pantallas mediante sistema SCADA para él control táctil.

4.1. Configuración

La unidad de captación y procesado de señales dispondría de la siguiente configuración:

A) Sensores y Actuadores:

-Sensores para la lectura de parámetros:

1) Anemómetro Digital para medida de la Velocidad del viento.

2) Veleta con Salida NMEA para medida del Ángulo.

3) Sonda de Profundidad con Salida NMEA (Profundidad en m.).

4) Sensor Corredera con Salida NMEA (Velocidad de la embarcación, o del flujo de agua bajo ella).

5) Tensión de la cadena

6) Otros sensores que aseguren la adquisición de variables que garanticen la estabilidad de la embarcación.

-Actuadores:

1) Convertidor de Frecuencia conectado a un motor asíncrono trifásico (Accionamiento eléctrico del ancla).

2) Dispositivo de alerta.

3) Dispositivo de atención al funcionamiento.

B) Dispositivos para la integración de la comunicación:

La red de comunicación se interconecta con los distintos protocolos de información (NMEA - RS232 - RS485) mediante el empleo de:

1) Tarjeta Multiplexora NMEA. Esta tarjeta se utiliza para la conversión de datos de NMEA a RD-232

2) Cable PPI Multi-Master de Siemens (Protocolo Autómatas Siemens). Se convierten datos de RS232 - RS485.

C) Autómata:

En el proyecto se emplea un autómata de la Gama S7-200 de Siemens, específicamente; el 224XP de dos puertos serie, 14 Entradas Digitales/10 Salidas Digitales.

D) Dispositivos de Control:

1) El control del sistema se llevara a cabo mediante una pantalla táctil de Siemens, para mayor comodidad, conectada al autómata

2) Cableado y Aparamenta Básica.

4.2. Configuración de la Comunicación:

El sistema está configurado como un sistema de red multi-protocolar, es decir desde la adquisición de información hasta el accionamiento del ancla, se emplean 3 protocolos diferentes:

1) NMEA (Estándar internacional para la comunicación entre dispositivos electrónicos abordo).

2) RS-232 (Protocolo de comunicación Serie).

3) RS-485 (Protocolo Estándar de los Autómatas Siemens.

La Comunicación principal entre Autómata-Sistema de Adquisición de Datos se realizara mediante el protocolo Freeport (compatible RS-232 de SIEMENS) empleando las entradas/salidas digitales, para una posible ampliación de la aplicación.

4.3. Descripción

Una vez se inicializa la maniobra de fondeo de la embarcación, el Autómata recibe e la información de todos los sensores (Anemómetro, Sonda etc). El algoritmo de control interpreta los datos recibidos y actúa en consecuencia actuando sobre el accionamiento eléctrico para mantener estable la embarcación o avisando al personal si la integridad de la misma está en riesgo. Se trata sistema de seguridad auxiliar para el apoyo de personal poco experimentado en el manejo de embarcaciones en el mar.

Los objetivos a perseguir serían:

a) Implementación del algoritmo de control, para la correcta comunicación entre Sensores-Autómata-Actuadores.
b) Implementación del conjunto de pantallas mediante sistema SCADA para él control táctil.
c) Simulación y pruebas del funcionamiento del sistema implementado.

4. Algoritmo para la preparación y mantenimiento de la condición de fondeo

Habitualmente, para cada proceso de planta a controlar, se escoge un modelo de autómata programable. A nivel de aplicación naval e industrial, de lo que se trata es de programar algoritmos para cualquier equipo de control comercial. Además, debe poder ser fácilmente moldeable para poder ser adaptado a las necesidades particulares de cada cliente y también de fácil adaptación a los lenguajes de programación de cada fabricante de PLCs.

El proceso que se describe en este trabajo es de tipo continuo. El sistema debe de controlar y supervisar en todo momento el proceso de la maniobra de fondeo en cualquier circunstancia. Este proceso se puede descomponerse en una serie de estados, que han de llevarse a cabo secuencialmente, de modo que para realizar un estado determinado es necesario que se hayan realizado correctamente los anteriores. En este caso, el tren de fondeo de una embarcación estará constituido por una longitud de cadena unida al ancla. En el caso de embarcaciones de pequeña eslora la cadena se podrá sustituir por un cabo aplomado. La reglamentación permite que en embarcaciones de eslora media, existan fondeos del tipo mixto. Para facilitar la maniobra de zarpado del ancla, se mantiene un largo de cadena (de longitud igual a la eslora de la embarcación) en el extremo de unión al ancla, sustituyendo el resto por una estacha de cabo.

La operación de fondeo puede realizarse de diversas maneras pudiendo utilizarse un ancla o dos. Habitualmente, y salvo condiciones ambientales extraordinarias que aconsejen otra

solución, se suele fondear con un solo ancla en una condición denominada “a la gira”. Lo que sí puede variar, dependiendo de la zona de operación de la embarcación, será el tipo de ancla empleado. La naturaleza del fondo de los fondeaderos empleados va a permitir escoger entre diversos tipos de anclas, siendo todos ello de alto poder de agarre. /Bruce, Delta, Fortress, Britany, Hall, Danforth, CQR, etc.

Para garantizar el trabajo óptimo del ancla, y consecuentemente conseguir el máximo poder de agarre, se deberán garantizar dos aspectos esenciales: la primera conseguir que la caña del ancla presente un ángulo cero, o próximo a este valor, respecto a la horizontal, por otro lado evitar las variaciones importantes en la dirección de la proa en condiciones meteorológicas cambiantes (borneo), en especial en fondos arcillosos.

Resulta de especial importancia el primer aspecto; un ancla, en una condición de enterramiento y naturaleza del fondo dada, disminuye de forma dramática su poder de agarre ante valores reducidos del ángulo que forma la caña respecto al fondo. La forma de garantizar que la acción que la cadena ejerce sobre la caña del ancla se corresponda con una fuerza ejercida horizontalmente, se consigue haciendo que un largo de cadena descanse en el fondo.

Cuando una embarcación ha fondeado a la gira, la cadena adquiere una trayectoria curvilínea característica que recibe el nombre de catenaria [7]. La catenaria es la curva que forma un hilo ideal, de masa distribuida uniformemente y que cuelga libremente de dos puntos, siendo el más bajo de los dos el vértice de la curva [8].

El buque fondeado con una sola ancla en su equilibrio estático ha de ser capaz:

a) De soportar las solicitaciones de viento y corriente que se ejerce sobre la embarcación en base al poder de agarre del ancla.

b) El estopor capaz de soportar el peso de la catenaria que forma la cadena.

c) La cadena, bien por su longitud o por su peso, mantener la caña del ancla en posición horizontal (valores inferiores a 5 grados).

El comportamiento del buque fondeado está limitado por las siguientes circunstancias:

a) Movimientos de tipo vertical, debidos a la acción de las olas o la marea, no afectan al poder de agarre del ancla siempre que la caña del ancla descanse sobre el fondo (ángulos menores de 5º, sí afecta a la solicitación en el estopor.

b) Movimientos de tipo longitudinal, modifican la longitud de cadena en contacto con el fondo y por tanto podrían afectar al poder de agarre.

c) Movimientos de giro alrededor del fondeo, o de borneo, en el caso de variaciones importantes en la dirección del viento (contrastes) o de la corriente (ángulo de variación

menor de 45º), podrán afectar al poder de agarre en el caso de fondos blandos, ya que es posible que el ancla no se entierre en la nueva posición.

Una vez descritas las especificaciones del funcionamiento del sistema o planta a controlar, se procede a realizar una programación del mismo con diseño descendente “top-down”. La Fig. 6 muestra un diagrama de bloques del sistema. Debido a que resulta necesario disponer de un algoritmo lo más abierto posible, para poder ser implementado en diferentes modelos de PLC’s, en función de las necesidades de los clientes, y las capacidades del sistema, el GRAFCET de primer nivel se basa en el diagrama de Flujo de estados de la Fig. 6. El algoritmo se implementa siguiendo la estructura del programa.

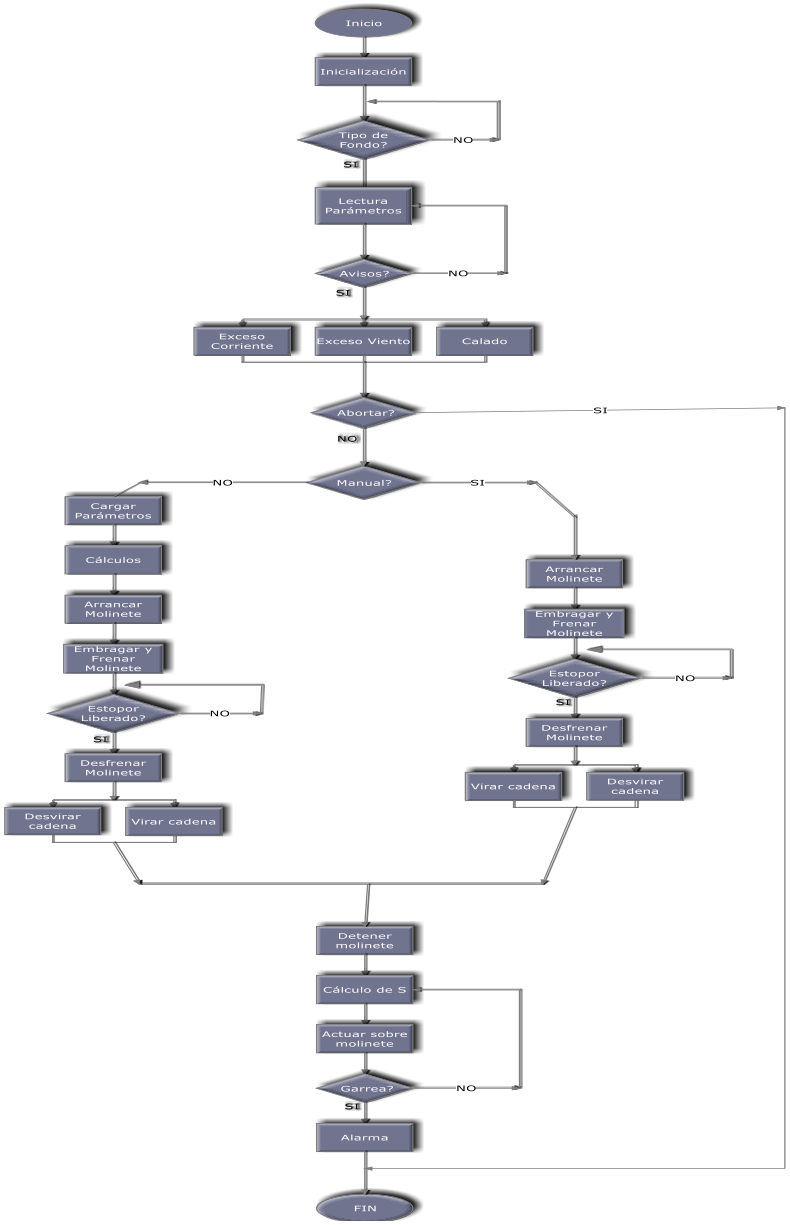


Fig. 6. Diagrama de Flujo del algoritmo del sistema.

5. Resultados Sistema de Supervisión y Control

Para un sistema de control y supervisión como el analizado en este trabajo se utilizan herramientas diseñadas para abordar el problema de automatización como HMI'S, y sistema SCADA. Existe una relación entre los diferentes elementos del sistema de control SCADA y el trabajo que realizan dentro del sistema. Por lo tanto, se garantiza el objetivo de funcionamiento de la planta.

Para el Sistema de Supervisión y Control se ha empleado el software SCADA WINCC flexible de Siemens [9]-[1]. El SCADA supervisa y monitoriza los procesos de control de la maniobra de fondeo. A continuación se muestran algunas de las pantallas de la aplicación. La Fig. 7 muestra el inicio de la aplicación. Dentro de la opción preparación del fondeo aparecen tres opciones en las que se puede escoger:

a) Fondeo con viento (Fig. 8).

b) Fondeo con corriente.

c) Fondeo con viento y corriente.

En todas las opciones se deben de tener en cuenta, al menos, los siguientes parámetros:

a) Introducir valor estimado del viento en la zona elegida como fondeadero, por el contrario se podrá utilizar la lectura actual del anemómetro *Vv*.

b) introducir la sonda estimada en el fondeadero (buscar valor en la carta náutica) *f*.

c) valorar la bondad del fondeadero en función de la naturaleza del fondo:



Fig. 8. Pantalla de inicio de la aplicación.

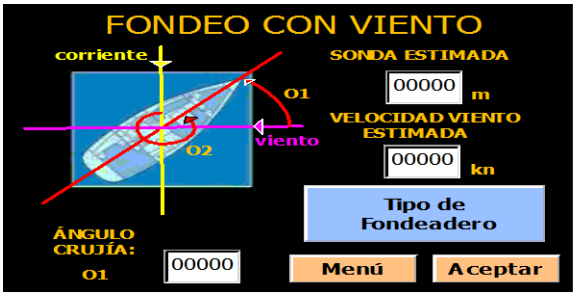


Fig. 7. Pantalla de opción Fondeo con viento.

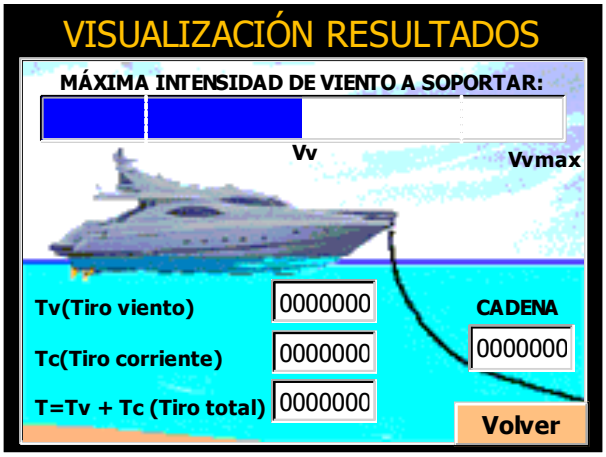


Fig. 9. Pantalla de Visualización de los Resultados.

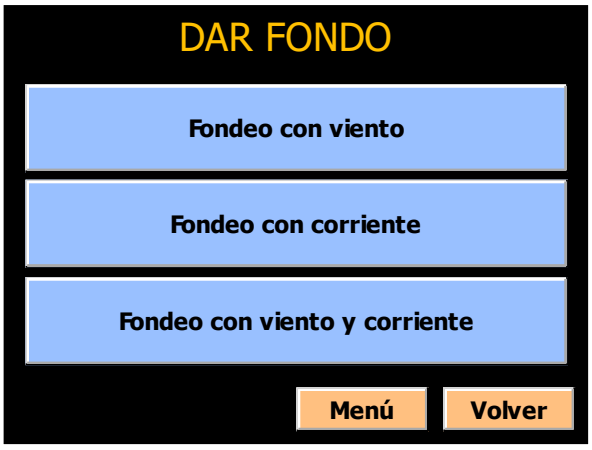


Fig. 10. Pantalla de opción "Dar Fondo".

1- buen tenedero (formado por fango duro, conchuela, arena fangosa y arena gruesa).

2- tenedero regular (arcilla, cascajo y arena fina).

3- mal tenedero (fango blando, piedra y coral).

e) SALIDAS (ver Fig. 9), el sistema calcula la fuerza que el buque ejerce sobre el fondeo *Tv*, la longitud de cadena a largar *S* y la relación *s/f*.

En la opción "**Dar Fondo**" (ver Fig. 10) desde el "**menú inicio**" de la aplicación se repiten las opciones de "preparación del fondeo". A partir de los valores obtenidos en el proceso de cálculo descrito (condición de viento, corriente o ambos fenómenos a la vez), se pide la aceptación del valor de *s* (longitud de fondeo a largar) o la introducción de una cifra alternativa (ver Fig. 11). La ejecución del fondeo va a determinar que el equipo correspondiente (molinete), largue, de forma automática, la cantidad de cadena deseada. Previamente se pide la conformidad respecto a las acciones siguientes:

- Molinete arrancado.
- Molinete embragado y frenado.
- Estopor liberado.
- Molinete des-frenado.

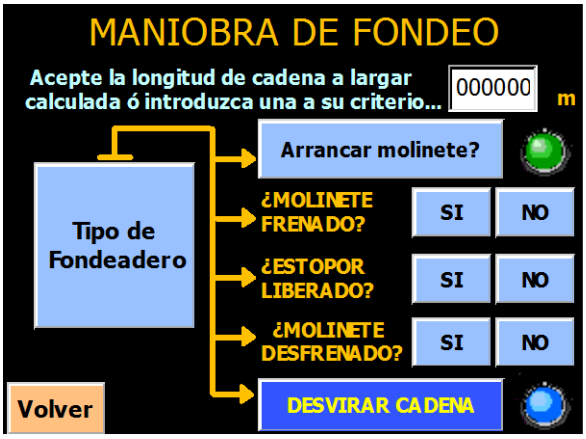


Fig. 11. Pantalla de opción "Maniobra de fondeo".



Fig. 12. Pantalla de opción "Mantenimiento de la Situación"

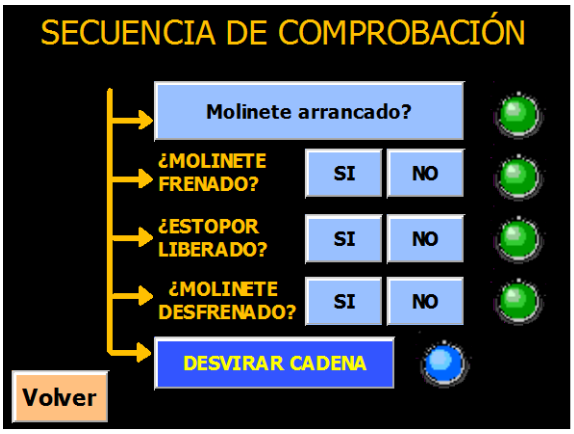


Fig. 13. Pantalla de Secuencia de Comprobación.

Para la ejecución de esta secuencia de operaciones se hará necesario recibir indicación de la cantidad de cadena largada (contador de longitud).

Finalmente se calcula la máxima intensidad de viento que el buque puede soportar en ese fondeadero.

La opción “mantenimiento de la situación” desde el menú de inicio nos presenta la pantalla mostrada en la Fig. 12.

A continuación se comprueba si el molinete está “arrancado” y se pide la conformidad sobre si el molinete está frenado, el estopor liberado y el molinete está o no desfrenado (Fig. 13).

Finalmente se presenta la pantalla desde donde se supervisan los parámetros (Fig. 14).

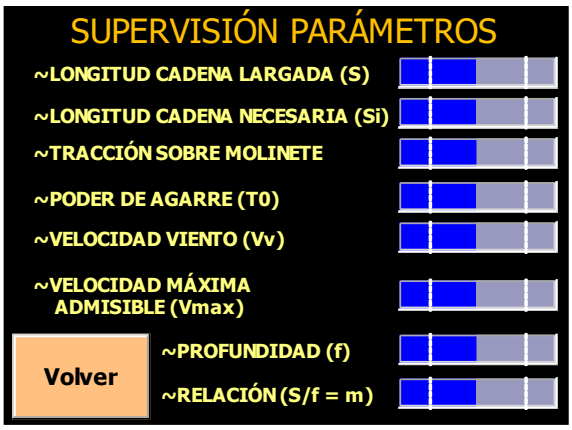


Fig. 14. Pantalla de Supervisión de Parámetros.

6. Conclusiones

El sistema presentado supone una revolución para el sector ya que realiza de una forma automatizada y precisa, los cálculos oportunos para un fondeo correcto, y su supervisión en tiempo real gracias a la incorporación de varios algoritmos desarrollados. Se ha buscado una gestión integral de los de los factores que afectan a un fondeo efectivo, permitiendo que la embarcación se comporte como un ente “inteligente” que tome decisiones sobre su seguridad y la de sus ocupantes, o sencillamente aconsejando al patrón de la misma.

7. Bibliografía

[2]. Orden FOM/3200/2007, de 26 de octubre, por la que se regulan las condiciones para el gobierno de embarcaciones de recreo.

[3] Embarcaciones de recreo. Desarrollo de la orden 17/06/1997 (RCL 1997\1696 que regula las condiciones para su gobierno. Resolución de la Dirección General de la Marina Mercante del 30 de diciembre de 1997. BOE del 9 de enero de 1998, núm. 8 (Pág. 529)

[4]. Gerardo González Filgueira. L. Carral, J.A. Fraguela, A. G. Ascaso. “Sistema de Adquisición de datos Electrónico para Medida de Estabilización de Embarcaciones de Altura y de Recreo”. XX Congreso Panamericano de Ingeniería Naval, Transporte Marítimo e Ingeniería Portuaria. Sao Paulo. Brasil 22-26 Octubre de 2007.

[5]. Luis Carral Couce, Iñigo Echenique Gordillo, Alfonso García Ascaso, Jose Ángel Fraguela Formoso, Gerardo González Filgueira. “Proyecto S.I.S. - Un Sistema de Estabilización para la Flota Pesquera”.. XX Congreso Panamericano de Ingeniería Naval, Transporte Marítimo e Ingeniería Portuaria. Sao Paulo. Brasil 22-26 Octubre de 2007.

[6] The National Marine Electronics Association (NMEA). http://www.nmea.org/.

[7] Beléndez, A., Beléndez, T. Neipp C. *Estudio estático de un cable homogéneo bajo la acción de su propio peso: Catenaria*. Revista Española de Física 15(4) 2001, págs. 38-42

[8] Adler, C. *Catenaries on the Computer: A Freshman Physics Assignment*. The Physics Teacher, Vol 37, April 1999, pp. 254-255.

[9] SIMATIC WinCC flexible. Flexibilidad en todas las aplicaciones HMI –desde el Micro Panel hasta el PC. http://www.automation.siemens.com.

[10] Gerardo González Filgueira, Cesar A. Vidal Feal. *Autómatas Programables. Programación y Entorno*. Reprografía Noroeste, S.L. 2005. ISBN: 84-96474-03-8. Santiago de Compostela (A Coruña). España, pp. 283-306.

UN PARQUE CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO METROPOLITANO. SU INFLUENCIA EN EL DESARROLLO DE UNA REGIÓN.



Autores: Alfonso García Ascaso, Felipe Picos Brage, Jose Ángel Fraguela Formoso, Luis Carral Couce. Organización: Fundación Ferrol Metropoli, Dirección: Recinto Ferial Punta Arnela, Edificio de Usos Múltiples, 2ª Planta, 15991, Ferrol, Galicia, España, dirección electrónica: metropoli@ferrolmetropoli.org

1. Resumen

El trabajo, partiendo de la definición de un parque Científico-Tecnológico Metropolitano PCTM, trata de mostrar las repercusiones y la influencia que el mismo ejerce sobre el desarrollo tecnológico, social, económico y educativo-formativo, de una región o área metropolitana determinada. Se expone como referencia la propuesta realizada por la Fundación Ferrol Metropoli (en adelante FFM) y la UDC, para el área metropolitana denominada EFO, región de la provincia de A Coruña en Galicia, Comunidad Autónoma de España. Esta zona cuenta con veinte municipios y unos 250.000 habitantes. Se parte de la definición de un PCTM, sus principales objetivos y funciones a desarrollar por el mismo. A continuación se describen los elementos que lo constituyen y las instalaciones y recursos de todo tipo con los que se tiene que contar para que sirva eficazmente como referencia y soporte del desarrollo innovativo y tecnológico de la región en la que está ubicada. Se menciona a la Asociación Española de Parques Científicos y Tecnológicos, APTE, que agrupa a treinta parques de este tipo en España y cuenta con ochenta afiliados, entre ellos la FFM, y que está teniendo un crecimiento espectacular en España, liderando el movimiento asociativo del país en este tema. Se continúa con la exposición del alcance que deben tener los estudios a realizar antes de que se inicie la gestión del parque y su construcción física. Se concluye con un calendario de todas las actividades que forman parte del proceso a seguir para el diseño e implantación del parque y el proyecto por actividades. Se incluye por último un apartado de comentarios finales.

2. Introducción

Este proyecto de un Parque Científico-Tecnológico Metropolitano (PCTM), orientado a dar servicio a las empresas y entidades económico-sociales de un territorio determinado, se enmarca dentro del Plan Integral de Acción que la Fundación Ferrol Metrópoli (FFM), en colaboración con la Universidad de A Coruña, La Confederación de Empresarios de las comarcas de Ferrol, Eume y Ortegal y los Colegios Profesionales, ha propuesto a la Administración española y que tras su evaluación ha sido autorizado por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, contando para su desarrollo, con las ayudas correspondientes de la convocatoria que se publicó en su día.

A continuación, se incluye un mapa con los 20 municipios de dichas comarcas.

COMARCA DE FERROL

Concello	Habitantes	Km²
Ares	5.682	18.3
Cedeira	7.511	85.4
Fene	14.169	26.3
Ferrol	74.696	82.6
Moeche	1.435	48.5
Mugardos	5.605	12.8
Narón	37.008	67.0
Neda	5.553	23.8
San Sadurniño	3.125	99.7
As Somozas	1.388	70.9
Valdoviño	6.986	88.2



COMARCA DE EUME

Concello	Habitantes	Km²
A Capela	1.439	58
As Pontes	11.384	249.4
Cabanas	3.287	30.3
Monfero	2.353	171.7
Pontedeume	8.561	29.5

COMARCA DE ORTEGAL

Concello	Habitantes	Km²
Cariño	4.617	46.8
Cerdido	1.384	52.7
Ortigueira	7.311	210.0
Mañón	1.628	82.2



3. La Fundación Ferrol Metrópoli

3.1. Identidad

Es una Institución de derecho privado, declarada de interés gallego y cultural, sin ánimo de lucro, constituída el 25 de Abril del año 2000 por las siguientes entidades e instituciones:

- Unión de Empresarios de Ferrol y Comarca
- Universidad de A Coruña
- Cámara de Comercio, Industria y Navegación
- Autoridad Portuaria Ferrol – San Cibrao
- Ayuntamiento de Ferrol

Actualmente la forman más de 50 empresas y entidades, entre socios de número, fundadores y colaboradores permanentes, pertenecientes a la industria, comercio, servicios, cultura, universidad y colegios profesionales, contando entre ellas, con entidades de referencia en el territorio donde desarrolla sus actividades. Esto le permite formar "ad hoc", "task force" y/o grupos de excelencia para acometer proyectos o iniciativas de cierta envergadura con garantías de éxito, en base a la metodología operativa que viene utilizando desde su creación.

Su domicilio social se encuentra en la ciudad de Ferrol, situada en la ría del mismo nombre.

3.2. Ámbito de actuación

La Fundación ejerce sus actividades en las comarcas de Ferrol, Eume y Ortegal, en adelante Territorio EFO. Comprende en total 20 municipios con una población de unos 250.000 habitantes, una extensión de 1.554 Km² y con un área de influencia de otros 500.000 habitantes.



3.3. Fines

La Fundación tiene los siguientes fines específicos:

- La planificación, desarrollo, coordinación y seguimiento de actuaciones a implantar en la zona, tanto desde el punto de vista estratégico como operativo o táctico.
- La cooperación con otras entidades para contribuir a dotar a EFO, de infraestructuras tecnológicas, centros de desarrollo tecnológico e innovación como un PCTM, nodos de inversión, etc., así como para conseguir la articulación en EFO del Sistema Ciencia – Tecnología – Empresa – Sociedad.
- Asesorar y apoyar a los emprendedores y empresarios que soliciten información para posibles inversiones en su ámbito de actuación.
- Estudiar, elaborar y/o colaborar en proyectos empresariales de creación de empleo.
- Contribuir a captar y atraer inversiones viables para la consiguiente creación de puestos de trabajo en el territorio.
- Difundir la atención de la seguridad y salud laboral, de la prevención de riesgos laborales y el respeto al medioambiente, a través de las actividades específicas correspondientes. A estos efectos se constituye como organización de carácter ambiental.
- Resaltar la relevancia de la innovación como motor de competitividad para el colectivo EFO y sus empresas y entidades
- Impulsar la innovación, el conocimiento, la sociedad de la información y actividades de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i).
- Promover y desarrollar acciones de formación encaminadas a mejorar la cualificación y profesionalidad del colectivo empresarial y de sus trabajadores/as.
- La participación en programas europeos.
- La difusión de la cultura europea en el territorio EFO.
- Coadyuvar a la potenciación del patrimonio histórico de EFO, y a la participación en asociaciones y foros en cuanto sea necesario.
- Colaborar en la promoción y desarrollo turístico del territorio, con otras entidades y Administraciones.
- Promover y apoyar cualquier otra iniciativa que contribuya a la proyección exterior de EFO.

3.4. Áreas de gestión

Las actividades de la Fundación se pueden enmarcar en las siguientes áreas de gestión:

- Planificación, Estrategia e I+D+i.
- Infraestructuras Tecnológicas.
- Formación, Orientación laboral y Empleo.
- Cultura y Turismo.
- Patrimonio.

3.5. Redes participativas

Para el adecuado desarrollo de estas actividades, la Fundación forma parte de redes activas constituidas por entidades como la APTE (Asociación de Parques Científicos y Tecnológicos de España), la IASP (Asociación Internacional de Parques Científicos y Tecnológicos), la Net Future Institute, la Asociación de Fundaciones Cívicas, etc.

3.6. Financiación de actividades

El presupuesto de la Fundación se nutre de las donaciones de sus patronos y cuotas de la Asociación Ferrol Metrópoli formada por empresas y entidades, que constituyen entre el 8% y el 10% del mismo, obteniéndose el resto principalmente de las ayudas que se conceden en las convocatorias de concurrencia competitiva para diversas iniciativas y proyectos a las que opta la Fundación anualmente.

4. El Proyecto METROPARQ INCITE

4.1. Definición

Consiste en el diseño, definición del proyecto arquitectónico, plan de usos, elementos técnicos y descripción especificada de un parque científico – tecnológico empresarial que sirva de referencia para impulsar, potenciar y dinamizar las actividades de las empresas existentes y las que, en el período 2008-2015 se ubiquen en EFO. Actuará como motor, guía y apoyo permanente en la progresiva asimilación e incorporación de una cultura innovadora,



científica y tecnológica al tejido industrial, de servicios, empresarial y socio-económico de EFO, lo que facilitará las transferencias de tecnología en el ámbito del Sistema de Ciencia – Tecnología – Universidad – Sociedad. También actuará como impulsor de una cultura emprendedora.

Este estudio se hará en tres alternativas seleccionadas: la de San Pedro de Leixa en Ferrol, la de Vilar do Colo en Fene y la de Río do Pozo en Narón, teniendo en cuenta las particulares circunstancias y características de cada una.



En cuanto a la definición de un parque de estas características, existen diversas definiciones oficiales que relacionamos a continuación:

Según la APTE (Asociación de Parques Científicos y Tecnológicos de España), se trata de un proyecto, generalmente asociado a un espacio físico, que:

1º) Mantiene relaciones formales y operativas con las universidades, centros de investigación y otras instituciones de educación superior.

2º) Está diseñado para alentar la formación y el crecimiento de empresas basadas en el conocimiento y de otras organizaciones de alto valor añadido pertenecientes al sector terciario, normalmente residentes en el propio Parque.

3º) Posee un organismo estable de gestión que impulsa la transferencia de tecnología y fomenta la innovación entre las empresas y organizaciones usuarias del Parque.

Por otra parte la Asociación Internacional de Parques científicos y tecnológicos (IASP) aporta la siguiente definición:

"Un parque Científico es una organización gestionada por profesionales especializados, cuyo objetivo fundamental es incrementar la riqueza de su comunidad promoviendo la cultura de la innovación y la competitividad de las empresas e instituciones generadoras de saber instaladas en el parque o asociadas a él.

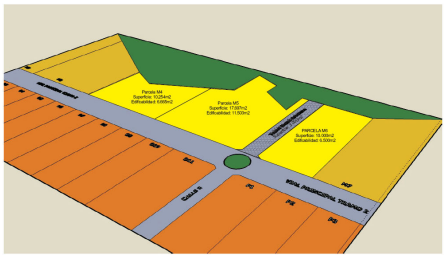
A tal fin, un Parque Tecnológico estimula y gestiona el flujo de conocimiento y tecnología entre universidades, instituciones de investigación, empresas y mercados; impulsa la creación y el crecimiento de empresas innovadoras mediante mecanismos de incubación y de generación centrífuga (spin off), y proporciona otros servicios de valor añadido así como espacio e instalaciones de gran calidad".

Al respecto, la Administración General del Estado Español define su concepto de Parque Científico – Tecnológico (PCT) de la siguiente forma:

Está constituido por uno o varios enclaves físicos organizados que formando una unidad de gestión se conforma por entidades operativas en él instaladas o en vías de instalación y que está gestionado por una forma jurídica que dispone de apoyo humano y de un plan de viabilidad de la gestión a realizar al efecto. A dicha forma jurídica se le denomina entidad promotora.

Constituye una zona urbanizada cuyas parcelas son ocupadas única y exclusivamente por entidades públicas o privadas, cuyo objetivo básico es favorecer la generación de conocimiento científico y tecnológico y promover la transferencia de tecnología. Debe funcionar como unidad de gestión liderada por una entidad promotora.

4.2. Objetivos del proyecto



Con la puesta en marcha del PCTM se pretende facilitar, impulsar y desarrollar actividades tales como:

- Promover la cultura de la innovación y la competitividad de empresas y entidades situadas en su entorno geográfico, mediante todo tipo de acciones, incluyendo planes específicos de formación, actuaciones de difusión y divulgación, organización de jornadas, seminarios, congresos, ciclos de conferencias, etc.
- Proporcionar servicios tecnológicos para las empresas situadas en los municipios de EFO, para que puedan beneficiarse de las políticas de I+D+i españolas y europeas.
- Estimular y gestionar de forma estable los flujos y la transferencia del conocimiento y de las tecnologías entre la Universidad, Entidades con experiencia en proyectos de

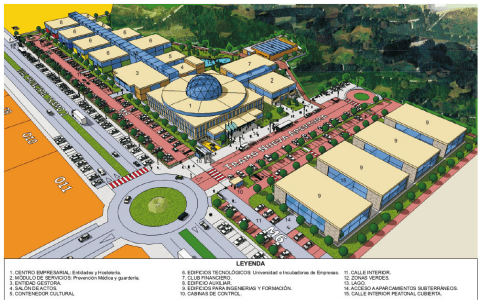
I+D+i, Empresas del tipo PYME y Micro y los mercados mediante el establecimiento de vínculos y relaciones formales y operativas.

- Impulsar la atracción, creación, instalación y crecimiento de empresas innovadoras y de carácter tecnológico mediante mecanismos externos (formulación y ejecución de campañas de captación), e internos (en base a mecanismos de preincubación, nidos, centros de maduración, viveros de empresas y de generación centrífuga tipo Spin – off y similares).
- Establecer colaboraciones con entidades y centros con actividades científico – tecnológico – empresariales como la Fundación del Centro Tecnológico del Naval Gallego y otros similares, tanto nacionales como extranjeras.
- Alentar la formación y la operatividad de organizaciones que aporten valor añadido del sector terciario con espacios, instalaciones y medios de gran calidad y organizativamente válidos para los sectores tecnológicos y empresariales existentes o que puedan instalarse en el futuro.

Que de otra manera sin un PCTM no podrían alcanzarse con la efectividad necesaria.

En definitiva, estos parques deben fomentar la cooperación e incluso integración de las entidades y agentes del tejido empresarial existentes en polos de desarrollo, polígonos industriales etc., situados en su entorno, impulsar su formación en la cultura de I+D+i y actuando como motor, estimular la cultura empresarial para la innovación, suministrando servicios de calidad a las empresas, potenciando la transferencia de tecnología y liderando la presentación a convocatorias autonómicas, nacionales y europeas, de proyectos tecnológicos por parte de las mismas, auxiliándolas en toda la gestión que corresponda a tales efectos.

Para ello, deben asentarse en el parque empresas de base tecnológica que ya están habituadas a la cultura de I+D+i y que, junto a las Universidades con sus laboratorios, centros de investigación, etc. e ingenierías y oficinas técnicas puedan “tirar del carro” de la I+D+i y servir de referencia y estímulo a las otras empresas instaladas o que puedan instalarse en el futuro.



4.3. Influencia en el entorno:

El parque tendrá una repercusión directa sobre los 20 municipios de EFO pues impulsará:

- El conocimiento y la aplicación de la I+D+i en el territorio.
- La Creación y asentamiento de empresas y en especial las de base tecnológica.
- La relación tecnológica entre Universidades, Centros Tecnológicos (el naval, el de plásticos, etc.), empresas, ingenierías y la sociedad en su conjunto.
- La formación técnica y empresarial de la zona en todos sus aspectos.
- El cambio activo en la nueva gestión del conocimiento.
- La cultura emprendedora basada en la creatividad y la innovación.
- El trabajo en equipo y el intercambio de investigadores, profesores, científicos y expertos.
- La celebración de seminarios, congresos y jornadas con la presencia de especialistas y técnicos de otras regiones y estados.

En consecuencia habrá claras oportunidades para conseguir un incremento sustancial tanto en el empleo, como en la facturación, bien sea total, o bien como en lo relativo a la I+D+i. Esto puede observarse en los gráficos que a nivel del Estado Español se incluye en el punto 4.5



4.4. Elementos de un PCTM Empresarial:

4.4.1. Suelo Urbanizado:

Como se ha indicado, el Parque debe sustentarse sobre una superficie urbanizada con todos los servicios necesarios, incluyendo la aplicación avanzada de las TIC; de unas dimensiones que permitan un adecuado ritmo de arranque y posterior crecimiento, al mismo tiempo que contribuye con una equilibrada aportación de instalaciones a EFO. Por tanto, en el tema de un PCT, hay que hablar siempre de suelo urbanizado con todos los servicios. La superficie de los parques pertenecientes a la APTE oscila de los 30.000 m2 (parques de tipo urbano) a 2 millones de m2 para dar servicio a una región entera. Se ha estimado que en nuestro caso el abanico entre 40.000 y 60.000 m2 puede ser correcto y equilibrado para el parque que nos ocupa, habida cuenta de otros espacios ya existentes en el entorno, que hoy no tienen ninguna ocupación ni actividad conocidas, que

podrían ser utilizados también por empresas de base tecnológica. En este sentido debe hacerse un plan urbanístico especial para el Parque, en donde se contemplen todas sus características y actividades.

Esta superficie es conseguible en su totalidad en las tres alternativas seleccionadas, pues cuentan ya con planes urbanísticos específicos aplicables a este caso.

4.4.2. Instalaciones, edificios y equipamiento

Para cumplir adecuadamente los objetivos de un PCTM se necesita disponer de un conjunto de edificios y equipamientos que aporten valor añadido a las empresas en todos los órdenes y campos de actuación de las mismas, en especial la aplicación de la innovación tecnológica y el impulso de la cultura emprendedora. Se relacionan las siguientes:

- *Edificio central de servicio a empresas y entidades*

- *Edificio de la entidad promotora*

- *Auditorio-Salón de actos*

- *Espacios para laboratorios y centros de actividades de la Universidad.*

- *Preincubadoras, Incubadoras y Viveros de empresas.*

-*Contenedor, museo y espacio culturales vinculados a la evolución de la innovación y la tecnología.*

- *Edificios para empresas de base tecnológica.*

- *Edificios para empresas de ingeniería, diseño y servicios técnicos.*

- *Instalaciones para el sector terciario: restauración, seguros, turismo y ocio, servicios financieros, instalaciones deportivas, etc.*

- *Servicios sociales como guarderías, prevención, servicios médicos, etc.*

- *Centro de Negocios y Club Financiero de apoyo al tejido socioeconómico y empresarial de EFO.*

- *Infraestructuras avanzadas de telecomunicaciones.*

4.4.3. Entidad promotora

Con naturaleza de forma jurídica, pública o privada en cualquiera de sus formas, esta entidad tiene como objetivo básico el promover y favorecer la generación del conocimiento científico y tecnológico en el parque, promoviendo el flujo de transferencia de tecnología. Para ello una de sus fines es la de asesoramiento y formación integral a las empresas de su propio entorno para que puedan optar de forma correcta y se beneficien de las convocatorias de ayudas para actividades de I+D+i e industriales que se pongan en marcha por las diversas administraciones.

Su misión es dinamizar tecnológicamente el parque en base a la aplicación permanente y generalizada por parte de las empresas de los principios y buenas prácticas de I+D+i.

En este sentido, la Fundación Ferrol Metrópoli, puede jugar el papel similar al de una Entidad Promotora, como un órgano estable y permanente. En consecuencia, elaborará el Plan de Negocio/ Viabilidad del Parque. De hecho, forma parte de la Apte como miembro afiliado lo que acredita su calificación en este sentido tras la evaluación positiva realizada en su día por la comisión técnica de la Apte.

Dado que en EFO hay 7 polígonos industriales con más de 700 empresas y hay en perspectiva 2 ó 3 más, existe una necesidad de realizar actuaciones como las indicadas.

4.5. El crecimiento de los parques científico – tecnológicos

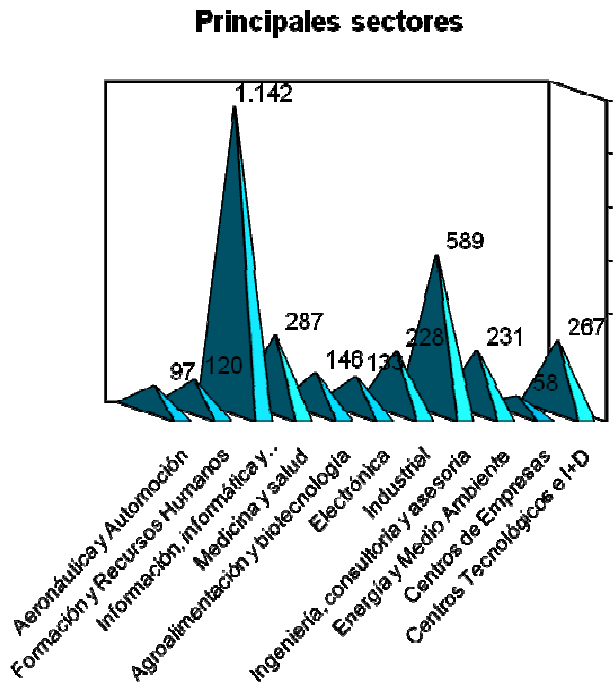
Desde el Observatorio de la APTE, del que la Fundación forma parte en su condición de miembro de la Comisión de creación y seguimiento del Plan Estratégico de esta entidad para el período 2008-2013, se han obtenido datos de los parques miembros de la Apte (30 en total) reflejados en los gráficos que se incluyen a continuación.

En primer lugar, los principales sectores de actividad de las empresas asentadas en los parques son por este orden:

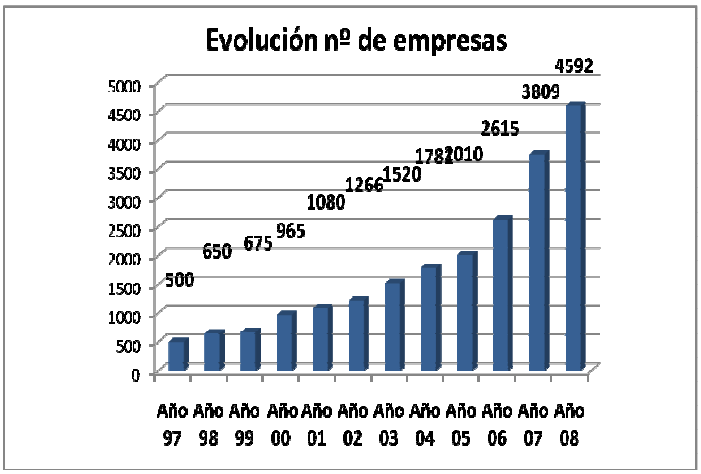
a. Información, Informática y Telecomunicaciones (35%)
b. Ingeniería, Consultoría y Asesoría Tecnológica (18%)

c. Medicina y Salud (9%)
d. Centros Tecnológicos Públicos, espacios para Universidades y Centros de I+D+i (8%)
e. Energía y Medio Ambiente (7%)
f. Industrial (7%)

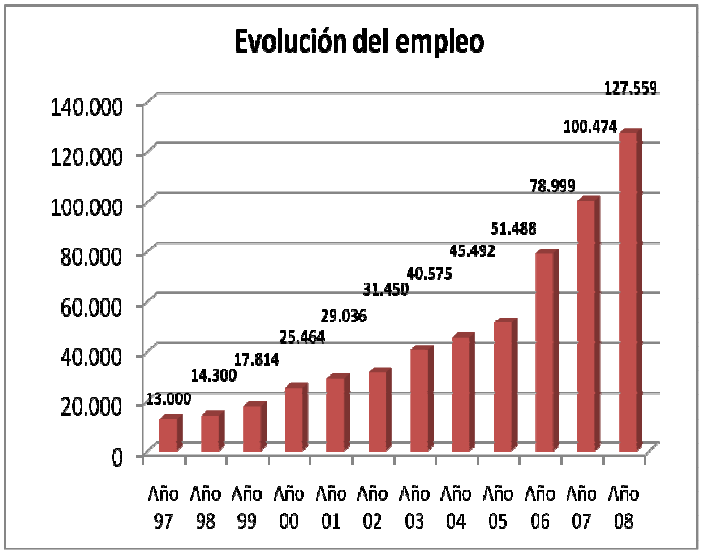
Es decir, algo más de las ¾ partes del número de empresas instaladas pertenecen a estos sectores.



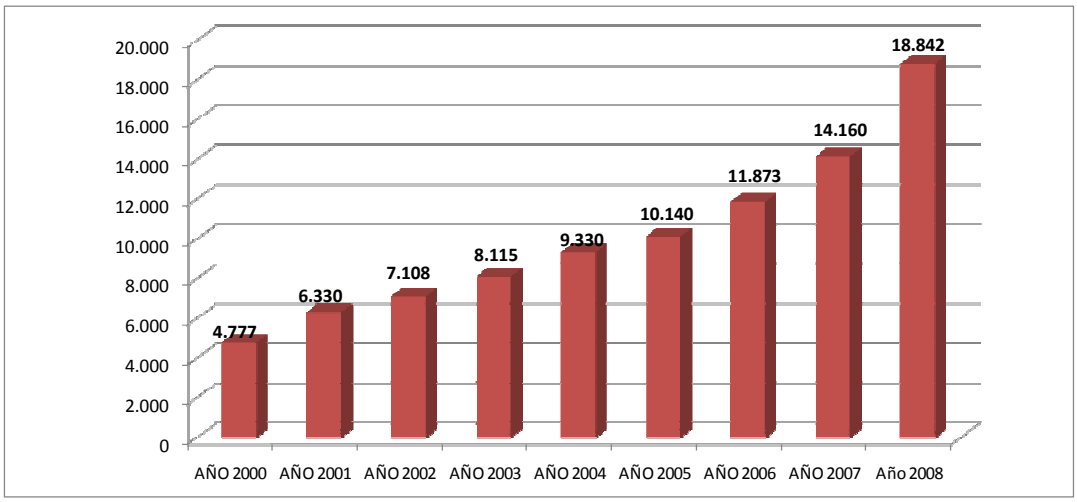
El número de empresas ha crecido en los dos últimos años en un 75,6%, porcentaje realmente espectacular.

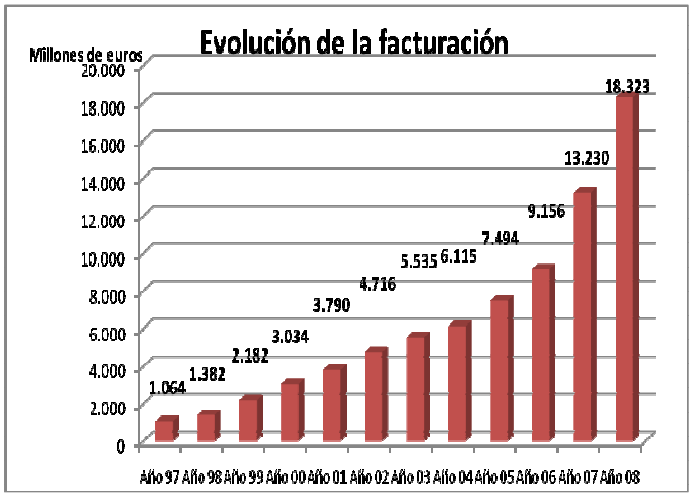


Si consideramos la evolución del empleo, el gráfico correspondiente se explica por sí solo.



Evolución del empleo en I+D:





Observando los gráficos se ve el aumento espectacular tenido en los últimos diez años desde una óptica global, lo que hace resaltar el peso de los PCTMs en la economía española.

4.6. Alcance del Proyecto

De acuerdo con lo anterior, se enumeran a continuación las principales líneas de actividad del proyecto:

A. Elaboración del Proyecto Básico
B. Elaboración del Proyecto de Ejecución.
C. Elaboración de los Proyectos y Estudios especializados.
D. Estudio de viabilidad económica.
E. Preparación de la Gestión del Parque

Además, de la coordinación general.

4.6.1. Elaboración del Proyecto Básico.

Es la fase del trabajo en la que se define de modo preciso las características generales de la obra mediante la adopción y justificación de soluciones concretas. Su contenido es suficiente para solicitar, la licencia municipal u otras autorizaciones administrativas, pero insuficiente para llevar a cabo la construcción.

Determinados grados de definición que corresponden a los "proyectos técnicos", que pueden resultar exigibles por las administraciones públicas en el trámite de la licencia de obras, forman parte de la siguiente fase, proyecto de ejecución.

Comprende las tareas y actividades siguientes:

- Situación. Se estudian los accesos, topografía y soleamiento.
- Normativa urbanística. Se establecen los siguientes parámetros: Edificabilidad, (m² edificado/m² parcela). Ocupación parcela (% ocupado por los edificios en relación a la parcela neta). Porcentaje de viales, zonas verdes y aparcamiento. Alturas máximas, retranqueos. Calidad estética de los edificios y calidad ambiental de las zonas libres.

- Parcela. Superficie estimada entre 55.000 y 65.000m² en una o varias parcelas. Se tienen en cuenta las redes de infraestructuras (transporte público, abastecimiento de agua, red de saneamiento, red de electricidad, otros suministros de energía, tipo de telecomunicaciones, etc.)

- Definición geométrica de los edificios. Alturas plantas, distribución, secciones, alzados, plantas de cubierta, etc.

- Definición de usos de los edificios.

  -Edificio centro de empresas: Entidades bancarias y de seguros, hostelería, oficinas de asesoría y gestión empresarial, comercios de servicios a empresas (telefonía, viajes, copistería).

  -Edificio Servicios Sociales: Prevención médica y guardería infantil.

  -Edificio Entidad Gestora del Parque: servicios a empresas, incubadora de empresas, salas de reuniones y administración.

  -Edifico Club Financiero. Hostelería y locales de reuniones.

  -Edificio Centro Deportivo. Vinculado con la zona ajardinada y con una gran lámina de agua. Zona de relax.

  -Contenedor, Museo y Espacio Cultural. Contendrá una exposición temática sobre tecnología. Acogerá exposiciones sobre diversos temas de interés para los usuarios del Parque e incluso elementos de arqueología y patrimonio industrial.

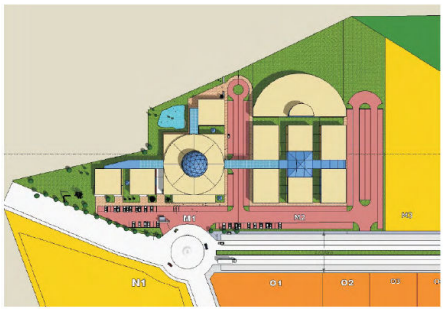
  -Edificios Tecnológicos, a disposición de emprendedores y la Universidad, en régimen de compra o alquiler. Dispondrán de laboratorios y accesos para la gestión de prototipos.

  -Edificios Ingenierías. Serán contenedores modulares, con todos los servicios integrados para la actividad de empresas de ingeniería.

-Instalaciones captadoras de energías renovables. Se preverá en las cimentaciones la instalación de captadores de energía geotérmica. En las cubiertas y fachadas de los edificios, así como en las marquesinas de los aparcamientos, se instalarán placas solares térmicas y fotovoltaicas.

4.6.2. Elaboración del Proyecto de Ejecución.

Es la fase del trabajo que desarrolla el proyecto básico, con determinación completa de detalles y especificaciones de todos los materiales, elementos, sistemas constructivos y equipos, y puede llevarse a cabo, en su totalidad, antes del comienzo de la obra o, parcialmente, antes y durante la ejecución de la misma. Su contenido reglamentario es suficiente para obtener el visado colegial necesario para iniciar las obras.



Incluye también otros proyectos parciales o complementarios que puedan ser exigibles, como por ejemplo los proyectos de infraestructura común de telecomunicaciones (ICT), ascensores o proyecto arqueológico. También se realizarán los estudios básicos de seguridad y salud, decoración, diseño o elección de mobiliario, trabajos de jardinería y, en general cualquier trabajo que tenga la condición de complementario o independiente del proyecto mismo de los edificios.

4.6.3. Elaboración de los Proyectos y Estudios especializados.

Comprende:

- Proyecto de Instalación de Electricidad.
- Proyecto de Telecomunicaciones, ICT (Infraestructura Común de Telecomunicaciones)
- Proyecto de Optimización Energética.
- Proyecto de Urbanización.
- Estudio de Seguridad y Salud.
- Estudio Geotécnico.
- Revisión y control del proyecto por OCT (Organismo de Control Técnico)

4.6.4. Estudio de viabilidad económica.

Comprende:

- Gastos de la actuación: compra del suelo, elaboración de documentación técnica, impuestos, gastos de tramitación. Gastos ejecución y dirección de obra. Gastos financieros.

- Ingresos de la actuación.

  - Empresas y organismos interesados.

  - Precio de venta y alquiler.

- Viabilidad y periodo de retorno.

4.6.5. Preparación de la Gestión del Parque.

- Normas de actuación. Estatutos del Parque.
- Estructura jurídico-Institucional.
- Constitución de la Entidad Gestora**.**



4.7. Cronograma del Proyecto

		AÑO 2.009												2.010											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	Proyecto Basico																								
2	Proyecto Ejecución																								
3	Proyectos Especializados																								
4	Estudio viabilidad Económica																								
5	Preparación de la Gestión del Parque																								
6	Coordinación																								

4.8. Ámbito temporal del proyecto:

Como se observa en el cronograma anterior, el tiempo de trabajo para realizar las actividades indicadas comprende un periodo de dos años, 2009-2010, pudiendo haber una extensión de un año más en función del desarrollo global del proyecto y el de los parques empresariales de EFO.

4.9. Presupuesto por actividades

ORDEN	ACTIVIDAD	PRESUPUESTO TOTAL
1	Proyecto Básico	78.000
2	Proyecto Ejecución	58.455
3	Proyectos Especializados	35.091
4	Estudio viabilidad Económica	17.000
5	Preparación de la Gestión del Parque	16.454
6	Coordinación	15.000
	TOTAL PROYECTO	220.000

4.10. Conclusión

La existencia de un PCTM es imprescindible para el desarrollo sostenible de un territorio o región, considerando todos los aspectos relacionados con la competitividad, como es la I+D+i y la formación. Es admitido por los expertos que la innovación y la formación continua son factores indispensables para la competitividad de las empresas, y por tanto para el mantenimiento de su actividad y de sus puestos de trabajo.

Para una región como EFO, que dispone de polígonos industriales y de servicios, es vital para su futuro la implantación de un proyecto de estas características que sirva de catalizador de los agentes económico-sociales, tecnológicos, científicos y culturales, por lo que es de esperar que los programas actualmente iniciados en la gestión de suelo industrial y de servicios culminen a lo largo del año 2011 y pueda ser una realidad este proyecto.

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE UNA EMBARCACIÓN PESQUERA EN EL MAR PERUANO

AUTOR:

Yarín Achachagua, Anwar Julio anwaryarin@yahoo.es
Yarín Achachagua, Yasser Hipólito yhya_20_1@hotmail.com

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIDAD DE INGENIERIA NAVAL

RESUMEN

El presente trabajo describe la metodología utilizada para predecir el comportamiento presentado por una embarcación de desplazamiento cuando esta navega en determinada condición de mar. Es importante que el ingeniero naval determine este comportamiento en la fase de proyecto de la embarcación, porque de esta forma puede evaluar efectos perjudiciales para el desempeño de esta, como por ejemplo la emersión del propulsor, embarque de agua en la cubierta, slamming y excesivas aceleraciones verticales.

Los efectos perjudiciales descritos anteriormente son predecidos a través de los espectros de respuesta de la embarcación para una determinada condición de mar y para un determinado movimiento. El procedimiento utilizado para la obtención de los Espectros de Respuesta consiste en la superposición del Operador de Respuesta Unitaria en olas regulares de la embarcación para un determinado movimiento (RAO) y el Espectro de Energía de Pierson- Moskowitz utilizado para representar una determinada el mar en una determinada condición. El Operador de Respuesta Unitaria de la embarcación fue determinado utilizando un programa de Dinámica de Navíos basado en la Teoría de las Rebanadas (Strip Theory) y las diversas condiciones de mar consideradas fueron caracterizadas utilizando datos metereológicos como la altura significativa (Hs) y periodo medio (Tm) de las olas, siendo estos datos importantes en la generación del Espectro de Energía para determinado estado de mar.

Son mostrados resultados del comportamiento de una embarcación pesquera operando en diversas condiciones típicas del litoral peruano. Los efectos perjudiciales fueron determinados y se evaluó su severidad en el desempeño de la embarcación a través de criterios de diseño.

1- Introducción

El presente estudio, muestra el análisis del comportamiento de un buque pesquero en nuestro mar. Para dicho fin se hará uso de los conceptos de la Dinámica del Buque. Asimismo se empleará el software Ship Motion and Sea Load Computer Program desarrollado por Naval Ship Research and Development Center.

2- Planteamiento del problema

En nuestro país la industria de la Construcción Naval juega un rol importante en el diseño y fabricación. Existen astilleros que no realizan un diseño adecuado debido a que no consideran muchos de los efectos que mostraremos a continuación en su diseño.

3-Fundamento teórico

3.1-Programa Ship Motion and Sea Load Computer

Debido a que para poder usar este software y entender adecuadamente cada uno de los resultados que este proporciona es necesario conocer a cabalidad en que teorías esta fundamentado este software que fue desarrollado por NSRDC.

3.2-Teoría de fajas

La respuesta de un barco moviéndose en un fluido que a su vez contiene el efecto del oleaje es un fenómeno muy complejo, pues contiene la interacción entre la dinámica del barco, la hidrodinámica del fluido, la coexistencia en dos medios muy diferentes, fluido y gas, y el efecto extra del oleaje. Debido al gran coste de producción de un barco, es interesante poder hacer un estudio teórico del comportamiento de este a priori. Para ello se ha desarrollado toda una teoría, la teoría de franjas o fajas. Esta teoría obtiene los coeficientes de unas ecuaciones lineales que generan un

comportamiento muy semejante al comportamiento real del barco.

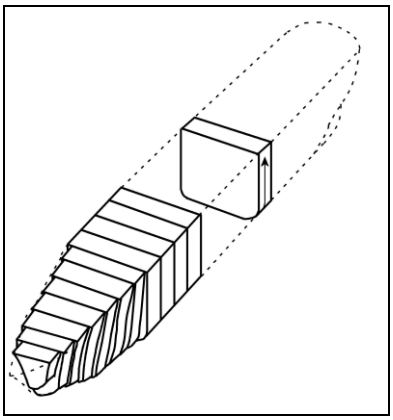


figura1 Casco del buque representado por un número finito de fajas.

Además los cálculos teóricos permiten ampliar el rango de estudio, incluso realizar experimentos que en el barco real o en la maqueta son difíciles de conseguir. El estudio teórico se realizado sobre oleaje regular y se extrapola a mares irregulares basándonos en que el mar irregular es una composición de olas regulares. Un barco moviéndose con una velocidad media, sin ningún tipo de sujeción, enfrentándose a un oleaje posee seis grados de libertad, tres de traslación y tres de rotación, como se muestra en la figura 1.

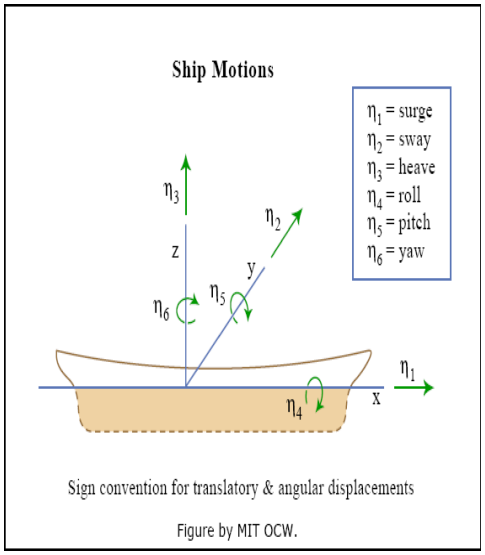


figura2

El sistema de referencia que vamos a tomar será el mismo que el del CEHIPAR, para el convenio de signos utilizaremos los ejes de la mano derecha. Para referirnos a los diferentes movimientos utilizaremos tanto la nomenclatura española como la inglesa:

- **Surge:** Avance del barco, positivo hacia adelante. Normalmente se trabajará con modelos linealizados en torno a una velocidad. Debido a las fluctuaciones en la velocidad, el barco va a estar por delante o por detrás del punto esperado si navegase a velocidad constante. Esta desviación es lo que denominaremos surge.
- **Sway:** Desplazamiento lateral, lo consideraremos positivo hacia babor, izquierda.
- **Heave:** Arfada o altura del barco, positivo hacia arriba.
- **Roll:** Escora o balanceo lateral del barco, positivo es hundir la parte derecha del barco, estribor, rotación respecto a eje X.
- **Pitch:** Cabeceo vertical del barco; positivo hundir la proa, rotación respecto a eje Y.
- **Yaw:** Guiñada o Cabeceo horizontal del barco; positivo girar hacia la izquierda, rotación respecto a eje Z.

No se contemplarán los grados de flexión del barco por complicar excesivamente el problema y no ser muy importante en el estudio que se quiere realizar. Estos grados de libertad conllevan seis ecuaciones diferenciales no lineales de movimiento, acopladas entre si. Si se considera un barco simétrico por babor y estribor, entonces las ecuaciones se pueden desacoplar en dos grupos, incluso se pueden aproximar por ecuaciones lineales. Un grupo lo constituye el movimiento longitudinal: surge, heave y pitch. El otro grupo se encarga del movimiento lateral del barco: sway, roll y yaw. Nos quedaremos con las ecuaciones del movimiento longitudinal al ser este el que queremos controlar.

Vamos a utilizar dos sistemas de referencia, uno denominado ejes tierra “Earth” cuyo origen se encuentra fijo en tierra y a la altura de la línea de aguas tranquilas, coincidiendo en dirección la velocidad del barco y el eje X, y otro denominado ejes cuerpo “Body” que se encuentra fijo al centro de gravedad del barco y en continua orientación con él. El ángulo que forman la velocidad de avance del oleaje con respecto a la velocidad del barco, μ, será 180º cuando el barco se encuentre las olas en sentido contrario.

El comportamiento del buque cuando esta en el mar tendrá una relevancia importante con la incidencia de las olas por donde navegara el buque ,algunas de estas serán:

- Resistencia estructural .
- Estabilidad.
- Movimiento.
- Velocidad y potencia.

- Incidencia de agua en cubierta.
- Impacto contra las olas.

Cuando las olas inciden con el buque este tiene que responder con una buena resistencia estructural. El buque tiene que tener una buena estabilidad desde su diseño para soportar condiciones críticas cuando este entre en contacto con las olas .En cuanto a los movimientos del buque, si estos movimientos son excesivos serán indeseados sobre todo cuando los buques lleven pasajeros, por lo cual se requieren de un confort. En cuanto a la velocidad y la potencia las olas causaran que la resistencia al avance aumente por consiguiente la velocidad de avance del buque disminuye, además producirán condiciones desfavorables para el sistema de propulsión.

La incidencia de agua en la cubierta dependerá del francobordo y de la altura mínima de proa. El impacto de proa producirá lo que se conoce como SLAMING, que se refiere al impacto de la proa con las olas ,este efecto tendrá importancia relevante de entre 10 % a 25 % de la eslora entre perpendicular .

3.2-Incidencia del buque con la ola

Cuando nos referimos a las olas que se producen en el mar nos referimos a olas que tienen una característica de ola gravitacional regular; esto quiere decir que son olas producidas y formadas por gravedad, mareas altas y mareas bajas. Estas olas están caracterizadas por su periodo (T) y frecuencia (Wo)

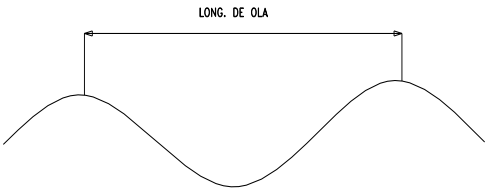


figura3
periodo(T), frecuencia(Wo), longitud de ola(λ)

$$\lambda = \frac{2\pi g}{Wo^2}$$

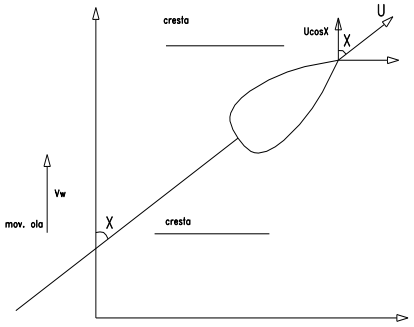


figura 4
X : Angulo entre la velocidad del buque y la velocidad de la ola

Del grafico anterior se puede observar que la velocidad relativa entre el buque y la ola esta dado por:

Vw-UcosX

Por otro lado también el podemos decir que el tiempo requerido para que el buque alcance la próxima cresta (Te).Este tiempo esta dado por la siguiente relación básica.

$$Te = \frac{\lambda}{Vw - U\cos X} \quad \text{..... (1)}$$

También se sabe que :

$$We = \frac{2\pi}{Te} \quad \text{.....(2)}$$

$$Vw = \frac{\lambda}{T} = \frac{2\pi g}{Wo^2 T}$$

Remplazando (1) en (2)

$$We = \frac{2\pi(Vw - U\cos X)}{VwT}$$

Ordenando los términos teniendo en cuenta la relación (3)

$$We = (Wo)\left(1 - U\frac{Wo\cos X}{g}\right) \quad \text{.....(4)}$$

La relación (4) nos representa la frecuencia de encuentro del buque con las olas.

En la figura siguiente se observa la consideración principalmente de este estudio la consideración de un mar de proa.

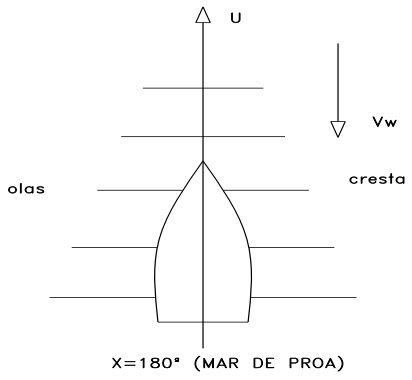


figura5

3.3-Características de las olas en el mar

La característica mas importante de las olas oceánicas es su irregularidad esto en el espacio y en el tiempo .Para los cálculos de *seakeeping.* El estado del mar mantiene sus características estadísticas , esto es estadísticamente estacionario .

3.4-Seakeeping

Este efecto se da cuando ocurren en el buque embarque de agua por la proa, golpe de la proa con el mar (SLAMING), efecto de aceleraciones especialmente verticales debido al HEAVE y PITCH,en puntos críticos a lo largo de la eslora del buque, pérdidas de velocidad. Debido a la resistencia adicional existente en olas y debido a reducciones voluntarias, rotación en vació del motor; debido a la inmersión del propulsor

3.5-Generación de las olas

Las olas son generadas por la interacción entre el viento y la superficie del agua, esto a través de :

- Fuerzas de fricción entre los dos fluidos.
- Campo de presión local que cambia en espacio y tiempo.
- Si las olas son de corta amplitud luego la propagación y dispersión de olas es gobernado por el principio de superposición.
- El estado del mar resulta por múltiples interacciones entre el viento y la superficie libre, que varia en espacio y tiempo.

3.6-Respuestas verticales

- En términos prácticos la alta frecuencia es un problema como las bajas frecuencias, las fuerzas externas son denominadas por fraude-krilov fuerzas restauradoras.
- En cuanto al movimiento de las olas ACRO frecuencias de encuentro allí podrá ser problemas con una alta respuesta irreal.
- En general la teoría de franjas da buenos resultados del movimiento vertical del buque.
- Referente al movimiento de roll la viscosidad húmeda es importante y una buena estimación de este coeficiente es esencial.
- Predicción del momento flector vertical y la fuerza cortante son satisfactorios para el gran coeficiente de bloque del buque.

Para coeficiente de bloque pequeño el método es no viable a representar el asimétrico del momento flector vertical.

3.7-Respuestas horizontales

- En general uno puede expresar una teoría de franjas pudiendo no ser buenos para las respuestas verticales.
- Desde allí son fuerzas no restauradoras la buena estimación de la radiación y difracción de fuerzas todavía para pequeñas frecuencias es importante.

3.8-Comentarios finales

- Este capitulo presenta con frecuencia soluciones para el problema de los movimientos y cargas estructurales inducidas a buques que avanzan en olas armónicas.
- La solución esta basada en la teoría de franjas que aproxima el medio lineal 3D reduciéndolo a 2D alrededor de cruce de secciones.
- Los efectos del la velocidad a proa son introducidas en un muy simplificado modo y cuenta solo al ángulo de ataque del casco con el flujo hacia el infinito.
- Las simplificaciones son:
    - El casco es muy delgado el vector normal a la superficie del casco es 2D
    - La frecuencia de oscilación es alto.

La incidencia de las olas y los movimientos son de pequeñas amplitudes.

4.1-Análisis en Mar Irregular

Para empezar este análisis se debe seleccionar el Estado de Mar que refleja la cantidad de energía y su distribución entre las olas componentes presentes y que están incidiendo sobre la embarcación En este caso, se ha considerado realizar el análisis para los Estados de Mar 2, 3, 4 y 5, cuyas características se muestran en la tabla1.

Tipo de mar	T (s)	Lw (m)	Hs (m)	Lw/Lpp	Lw/Hs	Hs (pies)
2	2.9	13.131	0.427	0.429	30.771	1.4
3	4	24.981	1.006	0.816	24.836	3.3
4	5.1	40.610	1.859	1.327	21.842	6.1
5	5.7	50.727	2.438	1.658	20.803	8

Tabla1

Donde:
Lw = Longitud de la Ola
Hs = Altura significativa de la Ola
T = Periodo

El análisis desarrollado se realizo siguiendo el criterio de la Tabla 2.

DESPLAZAMIENTO	VELOCIDAD
100%	**8 nudos**
401.7TON	**11 nudos**
75%	**8 nudos**
301.27TON	**11nudos**

Tabla2

Además se considero que el ángulo de incidencia del buque con las olas será de 180, o igualmente llamada seahead.

Para describirlo analíticamente, se escogió entre varios espectros matemáticos al de la ITTC ec5, el cual esta basado en un único parámetro que es la altura significativa de la ola, cuya función básica es determinar el valor de dos constantes A ec6 y B ec7.

$$S\,\eta(\omega) = (A/\,\omega\text{^}5)*EXP(-B/\,\omega\text{^}4)\ \textbf{....(5)}$$

Donde Ay B se definen de la siguiente manera:

$$A = 8.1*10\text{^}-3*g\text{^}2\textbf{....(6)}$$

$$B = 3.11/H1/3\text{^}2\textbf{....(7)}$$

$H_{1/3}$ = Altura significativa de la Ola
g = aceleración de la gravedad

Como resultado de la aplicación del espectro matemático seleccionado se obtuvo el Espectro de Mar en función de la frecuencia de olas, para así poder determinar su Espectro de Mar modificado en función de la frecuencia de encuentro, cuyas representaciones graficas se muestran en la figura 6.

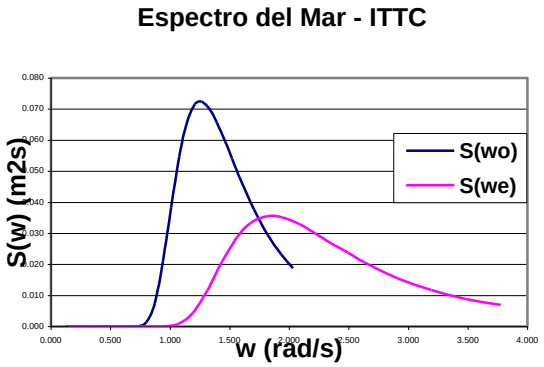


Figura6: Para un análisis realizado con un estado de mar 3, 8 nudos y 75% de su desplazamiento.

A continuación se calcula el espectro de repuesta ec8, producto del cuadrado de la amplitud de respuesta por unidad de amplitud de ola incidente, multiplicado por el espectro de olas incidentes.

$$Sw(\omega) = (W\text{^}2)*\ S\ \eta(\omega)\textbf{....(8)}$$

Siendo sus resultados mostrados en forma grafica en las figuras 7 y 8, para los movimientos del buque de HEAVE y PITCH respectivamente.

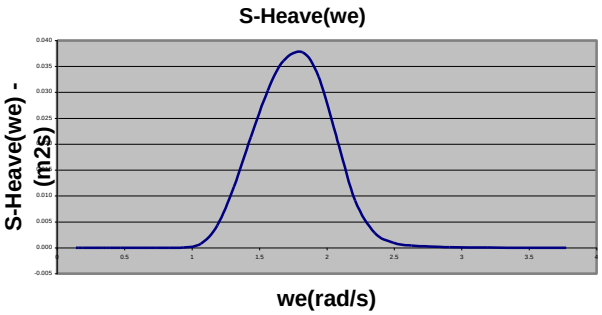


Figura7: Para un análisis realizado con un estado de mar 3, 8 nudos y 75% de su desplazamiento.

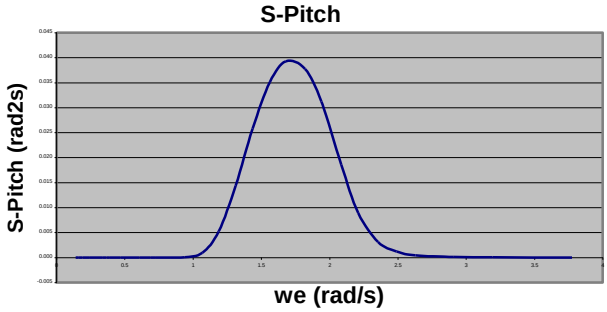


Figura8: Para un análisis realizado con un estado de mar 3, 8 nudos y 75% de su desplazamiento.

Como parte de nuestro cálculo se determinaran las áreas bajo las curvas de los espectros de respuestas que se puedan obtener, para ello se hace uso de la siguiente expresión:

$$m_n = \int \omega \text{^n*S}(\omega)*d\omega \textbf{....(9)}$$

Donde:

m_n = área de la curva del espectro de respuesta

4.2-Calculo de los Movimientos del Buque

Las funciones que definen el movimiento del buque para los movimientos de heave y pitch, las cuales tienen como centro de coordenadas el centro de gravedad del buque y son desarrolladas para describir el movimiento vertical de un punto ubicado a una distancia x_i del C.G. , tienen la siguiente forma:

$$\Im_{vi} = \Im - \chi_i.\theta$$

$$\textbf{Heave: } \Im = \Im_o.\cos(w_e.t - \gamma_\Im) \textbf{ ....(10)}$$

$$\textbf{Pitch: } \theta = \theta_o.\cos(w_e.t - \gamma_\theta) \textbf{ ....(11)}$$

De la suma de las funciones 10 y 11obtenemos la función resultante que describe el movimiento vertical total del buque queda definido en ec12.

$$\Im_v = \Im_{vo}.\cos(w_e t - \gamma_v) \textbf{ ....(12)}$$

Donde:

$$\Im_{vo} = \sqrt{\Im_o{}^2 + (x_i.\theta_o)^2 - 2\Im_o.x_i\theta_o.\cos(\gamma_\Im - \gamma_\theta)}$$

$$\gamma_v = \arctan\left[\frac{\Im_o.sen\gamma_\Im - x_i.\theta_o.sen\gamma_\theta}{\Im_o.\cos\gamma_\Im - x_i.\theta_o.\cos\gamma_\theta}\right]$$

Así mismo la ecuación que define el movimiento relativo del buque queda definida con la siguiente expresión:

$$\Im_{vR} = \Im_{vi} - h(x,t)$$

Donde:

h = Ecuación que define el movimiento de la superficie del Mar

$$h = h_a.\cos(k_e.x_i - w_e.t) \textbf{ ....(13)}$$

$\Im_{vi}$ = Ecuación que define el movimiento del buque para un punto ubicado en x_i

$$\Im_{vi} = \Im_{vo}.\cos(w_e.t - \gamma_v) \textbf{ ....(14)}$$

de las ecuaciones 13 y 14 obtenemos la expresión representativa del movimiento relativo del buque Zvre.

$$\Im_{vR} = \Im_{vRo}.\cos(w_e.t - \gamma_{vR})$$

Donde:

$$\Im_{vRo} = \sqrt{\Im_{vo}{}^2 + h_a{}^2 - 2\Im_{vo}.h_a.\cos(\gamma_v - k_e.x_i)}$$

$$\gamma_{vR} = \arctan\left[\frac{\Im_{vo}.sen\gamma_v - h_a.senk_e.x_i}{\Im_{vo}.\cos\gamma_v - h_a.\cos k_e.x_i}\right]$$

4.3-Calculo de la probabilidad de embarque de agua

Para determinar la probabilidad de embarque de agua ec15 se debe determinar primero los valores de las áreas bajos las curvas de los espectros de movimiento m_{oS} y la del área correspondiente al espectro de aceleración m_{2S} haciendo uso de ec9.

$$p\{\Im_{vR} \geq f`\} = e^{-\frac{(f`)^2}{2m_{oS}}} \textbf{ ....(15)}$$

Donde:

f = francobordo

m_{oS} = Área del espectro de movimiento relativo

Además se calcula el periodo característico de pitch con la siguiente formula:

$$T \approx T_\theta = 2\pi\sqrt{\frac{2m_{oS}}{2m_{2S}}}$$

Por ultimo para obtener el número de embarques de agua por hora se recurre a la siguiente relación:

$$N_T = \frac{P}{T}.3600$$

Donde:

P = Probabilidad de embarque

T = Periodo característico de pitch

4.4-Probabilidad de Emersión del Propulsor

La probabilidad de embarque de agua se calcula de la siguiente expresión:

$$p\{\Im_{vR} \geq t\} = e^{-\frac{(t)^2}{2m_{oS}}} \text{ ....(16)}$$

Donde:

t = distancia del extremo superior del propulsor a la superficie del agua

m_{oS} = Área del espectro de movimiento relativo

4.5-Aceleración Vertical del Buque

Se determina la aceleración vertical del buque como resultado de la segunda derivada de la ecuación de movimiento del buque ec12 respecto del tiempo para una determinada posición a lo largo de la eslora del buque.

$$\Im_v'' = -w_e{}^2 . \Im_{vo} . \cos(w_e t - \gamma_v)$$

Donde:

w_e = Frecuencia de encuentro

$\Im_{vo}$ = Amplitud del movimiento del buque

γ_v = Angulo de desfasaje total

4.6-Probabilidad de Slamming

la probabilidad de slamming es calculada de la suma de la probabilidad de emersión del propulsor ec16 y la probabilidad de que la amplitud de la velocidad relativa exceda la velocidad limite de slamming ec17.

$$p\{v \geq v_o\} = e^{-\frac{(v_o)^2}{2m_{2S}}} \text{ ....(17)}$$

Donde:

v_o = Velocidad limita de Slamming

m_{2S} = Área bajo el espectro de velocidad relativa

La probabilidad de slammming resulta de la suma de las ecuaciones 16 y 17.

$$p\{slam\} = e^{-(\frac{(v_o)^2}{2m_{2S}} + \frac{(t)^2}{2m_{oS}})}$$

4.7-Probabilidad de degradación de la performancia humana

Esta es la representación de la reducción del comfort que como consecuencia de su incremento dificulta el desarrollo de las labores de las personas abordo, siendo esta su ecuación representativa:

$$SM = (3.087 + 1.392.\left[Ln(\frac{1}{2.\pi}\sqrt{\frac{m_{2S}}{m_{oS}}}) \right]^2).m_{4S}{}^{0.715}$$

Donde:

m_{oS} = Área del espectro de movimiento total

m_{2S} = Área bajo el espectro de velocidad total

m_{4S} = Área bajo el espectro de velocidad total

SM = Magnitud subjetiva

5-Resultados Obtenidos

Las tablas del 3 al 18 muestran las probabilidades, que resultado de nuestro análisis, siguiendo el criterio mostrado en la Tabla2. Así también la tabla19 muestra las probabilidades de degradación de la performancia humana para el mismo criterio.

Finalmente se muestra la tabla20 con los resultados de la probabilidad de superar el criterio de aceleración para un punto ubicación a 87.1% de la eslora.

6-Conclusiones y Recomendaciones

Obtuvimos diversos espectros matemáticos como el espectro de movimiento buque, movimiento relativo del buque respecto a la superficie del mar, el espectro de respuestas del buque en heave y pitch de los cuales obtuvimos la información necesaria para desarrollar el análisis propuesto y de esta manera determinar el Seakeeping del buque durante la etapa previa de diseño.

De los resultados obtenidos podemos concluir que el este buque pesquero presentara un comportamiento adecuado frente a los estados de mar mas leves y estará en el limite de los criterios de diseño ante niveles superiores.

7-Bibliografía

(1)Edwar Lewis, Principles of Naval Architecture

(2)K. J. Rawson, Basic Ship Theory

(3)Rameswar Bhattacharyya, Dynamics of Marine Vehicles

Tabla3 Análisis para estado de Mar 2, 8 nudos de velocidad y al 75% de su desplazamiento.

PROBABILIDADES	Areas de Espectros		NO EXCEDER	Unidades	Criterios Probabilidad Limite	Areas	Probabilidad Calculada
EMBARQUE DE AGUA	mo-zrel	0.008	3.44	m	5%	-783.87274	0.00%
EMERSIÓN DEL PROPULSOR	mo-Zprop	0.009	0.187	m	5%	-1.99992621	13.53%
ACELERACIONES EN LA PROA	mo-actotal	0.063	0.15	g	5%	-17.1130444	0.00%
SLAMMING	mo-zrel mo-vzrel	0.008 0.057	3.44 1.49	m m/s	2%	-783.87274 -19.4271467	0.00%

Tabla4 Análisis para estado de Mar 2, 8 nudos de velocidad y al 100% de su desplazamiento.

PROBABILIDADES	Areas de Espectros		NO EXCEDER	Unidades	Criterios Probabilidad Limite	Areas	Probabilidad Calculada
EMBARQUE DE AGUA	mo-zrel	0.008	2.48	m	5%	-392.146139	0.00%
EMERSIÓN DEL PROPULSOR	mo-Zprop	0.008	1.147	m(distancia (	5%	-77.4798275	0.00%
ACELERACIONES EN LA PROA	mo-actotal	0.008	0.15	g	5%	-127.722226	0.00%
SLAMMING	mo-zrel mo-vzrel	0.008 0.101	2.48 1.61	m(calado) m/s(v. limite)	2%	-392.146139 -12.8412724	0.00%

Tabla5 Análisis para estado de Mar 2, 11 nudos de velocidad y al 75% de su desplazamiento.

PROBABILIDADES	Areas de Espectros		NO EXCEDER	Unidades	Criterios Probabilidad Limite	Areas	Probabilidad Calculada
EMBARQUE DE AGUA	mo-zrel	0.006	3.44	m	5%	-1003.28516	0.00%
EMERSIÓN DEL PROPULSOR	mo-Zprop	0.007	0.187	m(distancia (	5%	-2.58422485	7.55%
ACELERACIONES EN LA PROA	mo-actotal	0.055	0.15	g	5%	-19.8364469	0.00%
SLAMMING	mo-zrel mo-vzrel	0.006 0.064	3.44 1.49	m(calado) m/s(v. limite)	2%	-1003.28516 -17.4233573	0.00%

Tabla6 Análisis para estado de Mar 2, 11 nudos de velocidad y al 100% de su desplazamiento.

PROBABILIDADES	Areas de Espectros		NO EXCEDER	Unidades	Criterios Probabilidad Limite	Areas	Probabilidad Calculada
EMBARQUE DE AGUA	mo-zrel	0.008	2.48	m	5%	-405.545871	0.00%
EMERSIÓN DEL PROPULSOR	mo-Zprop	0.008	1.147	m(distancia (	5%	-80.6792749	0.00%
ACELERACIONES EN LA PROA	mo-actotal	0.009	0.15	g	5%	-125.680921	0.00%
SLAMMING	mo-zrel mo-vzrel	0.008 0.138	2.48 1.61	m(calado) m/s(v. limite)	2%	-405.545871 -9.41003785	0.00%

Tabla7 Análisis para estado de Mar 3, 8 nudos de velocidad y al 75% de su desplazamiento.

PROBABILIDADES	Areas de Espectros		NO EXCEDER	Unidades	Criterios Probabilidad Limite	Areas	Probabilidad Calculada
EMBARQUE DE AGUA	mo-zrel	0.345	3.44	m	5%	-17.143282	0.00%
EMERSIÓN DEL PROPULSOR	mo-Zprop	0.250	0.187	m(distancia (	5%	-0.06989502	93.25%
ACELERACIONES EN LA PROA	mo-actotal	2.413	0.15	g	5%	-0.44869165	63.85%
SLAMMING	mo-zrel mo-vzrel	0.345 1.362	3.44 1.49	m(calado) m/s(v. limite)	2%	-17.143282 -0.81610426	0.00%

Tabla8 Análisis para estado de Mar 3, 8 nudos de velocidad y al 100% de su desplazamiento.

PROBABILIDADES	Areas de Espectros		NO EXCEDER	Unidades	Criterios Probabilidad Limite	Areas	Probabilidad Calculada
EMBARQUE DE AGUA	mo-zrel	0.274	2.48	m	5%	-11.2283372	0.00%
EMERSIÓN DEL PROPULSOR	mo-Zprop	0.202	1.147	m(distancia (	5%	-3.25749424	3.85%
ACELERACIONES EN LA PROA	mo-actotal	1.105	0.15	g	5%	-0.97971562	37.54%
SLAMMING	mo-zrel mo-vzrel	0.274 1.029	2.48 1.61	m(calado) m/s(v. limite)	2%	-11.2283372 -1.26212814	0.00%

Tabla9 Análisis para estado de Mar 3, 11 nudos de velocidad y al 75% de su desplazamiento.

PROBABILIDADES	Areas de Espectros		NO EXCEDER	Unidades	Criterios Probabilidad Limite	Areas	Probabilidad Calculada
EMBARQUE DE AGUA	mo-zrel	0.307	3.44	m	5%	-19.28099	0.00%
EMERSIÓN DEL PROPULSOR	mo-Zprop	0.218	0.187	m(distancia (	5%	-0.08011343	92.30%
ACELERACIONES EN LA PROA	mo-actotal	2.908	0.15	g	5%	-0.37235224	68.91%
SLAMMING	mo-zrel mo-vzrel	0.307 1.467	3.44 1.49	m(calado) m/s(v. limite)	2%	-19.28099 -0.75760581	0.00%

Tabla10 Análisis para estado de Mar 3, 11 nudos de velocidad y al 100% de su desplazamiento.

PROBABILIDADES	Areas de Espectros		NO EXCEDER	Unidades	Criterios Probabilidad Limite	Areas	Probabilidad Calculada
EMBARQUE DE AGUA	mo-zrel	0.235	2.48	m	5%	-13.0629562	0.00%
EMERSIÓN DEL PROPULSOR	mo-Zprop	0.153	1.147	m(distancia (	5%	-4.29145978	1.37%
ACELERACIONES EN LA PROA	mo-actotal	1.166	0.15	g	5%	-0.92888896	39.50%
SLAMMING	mo-zrel mo-vzrel	0.235 1.123	2.48 1.61	m(calado) m/s(v. limite)	2%	-13.0629562 -1.15602508	0.00%

Tabla11 Análisis para estado de Mar 4, 8 nudos de velocidad y al 75% de su desplazamiento.

PROBABILIDADES	Areas de Espectros		NO EXCEDER	Unidades	Criterios Probabilidad Limite	Areas	Probabilidad Calculada
EMBARQUE DE AGUA	mo-zrel	1.300	3.44	m	5%	-4.54983038	1.06%
EMERSIÓN DEL PROPULSOR	mo-Zprop	0.660	0.187	m(distancia (	5%	-0.02650373	97.38%
ACELERACIONES EN LA PROA	mo-actotal	6.370	0.15	g	5%	-0.1699522	84.37%
SLAMMING	mo-zrel mo-vzrel	1.300 3.804	3.44 1.49	m(calado) m/s(v. limite)	2%	-4.54983038 -0.29215656	0.79%

Tabla12 Análisis para estado de Mar 4, 8 nudos de velocidad y al 100% de su desplazamiento.

PROBABILIDADES	Areas de Espectros		NO EXCEDER	Unidades	Criterios Probabilidad Limite	Areas	Probabilidad Calculada
EMBARQUE DE AGUA	mo-zrel	1.383	2.48	m	5%	-2.22353045	10.82%
EMERSIÓN DEL PROPULSOR	mo-Zprop	0.797	1.147	m(distancia (	5%	-0.82518411	43.82%
ACELERACIONES EN LA PROA	mo-actotal	4.562	0.15	g	5%	-0.23734175	78.87%
SLAMMING	mo-zrel mo-vzrel	1.383 3.512	2.48 1.61	m(calado) m/s(v. limite)	2%	-2.22353045 -0.36958891	7.48%

Tabla13 Análisis para estado de Mar 4, 11 nudos de velocidad y al 75% de su desplazamiento.

PROBABILIDADES	Areas de Espectros		NO EXCEDER	Unidades	Criterios Probabilidad Limite	Areas	Probabilidad Calculada
EMBARQUE DE AGUA	mo-zrel	1.278	3.44	m	5%	-4.63021174	0.98%
EMERSIÓN DEL PROPULSOR	mo-Zprop	0.687	0.187	m(distancia (	5%	-0.02544619	97.49%
ACELERACIONES EN LA PROA	mo-actotal	8.988	0.15	g	5%	-0.12045215	88.65%
SLAMMING	mo-zrel mo-vzrel	1.278 4.443	3.44 1.49	m(calado) m/s(v. limite)	2%	-4.63021174 -0.2501405	0.76%

Tabla14 Análisis para estado de Mar 4, 11 nudos de velocidad y al 100% de su desplazamiento.

PROBABILIDADES	Areas de Espectros		NO EXCEDER	Unidades	Criterios Probabilidad Limite	Areas	Probabilidad Calculada
EMBARQUE DE AGUA	mo-zrel	1.376	2.48	m	5%	-2.23530903	10.70%
EMERSIÓN DEL PROPULSOR	mo-Zprop	0.777	1.147	m(distancia (	5%	-0.84713269	42.86%
ACELERACIONES EN LA PROA	mo-actotal	6.174	0.15	g	5%	-0.1753446	83.92%
SLAMMING	mo-zrel mo-vzrel	1.376 4.127	2.48 1.61	m(calado) m/s(v. limite)	2%	-2.23530903 -0.31455644	7.81%

Tabla15 Análisis para estado de Mar 5, 8 nudos de velocidad y al 75% de su desplazamiento.

PROBABILIDADES	Areas de Espectros		NO EXCEDER	Unidades	Criterios Probabilidad Limite	Areas	Probabilidad Calculada
EMBARQUE DE AGUA	mo-zrel	1.898	3.44	m	5%	-3.11730375	4.43%
EMERSIÓN DEL PROPULSOR	mo-Zprop	0.820	0.187	m(distancia (	5%	-0.02133174	97.89%
ACELERACIONES EN LA PROA	mo-actotal	7.920	0.15	g	5%	-0.13669069	87.22%
SLAMMING	mo-zrel mo-vzrel	1.898 4.928	3.44 1.49	m(calado) m/s(v. limite)	2%	-3.11730375 -0.22553792	3.53%

Tabla16 Análisis para estado de Mar 5, 8 nudos de velocidad y al 100% de su desplazamiento.

PROBABILIDADES	Areas de Espectros		NO EXCEDER	Unidades	Criterios Probabilidad Limite	Areas	Probabilidad Calculada
EMBARQUE DE AGUA	mo-zrel	2.146	2.48	m	5%	-1.43312287	23.86%
EMERSIÓN DEL PROPULSOR	mo-Zprop	1.088	1.147	m(distancia (	5%	-0.60484797	54.62%
ACELERACIONES EN LA PROA	mo-actotal	6.207	0.15	g	5%	-0.17441155	84.00%
SLAMMING	mo-zrel mo-vzrel	2.146 4.833	2.48 1.61	m(calado) m/s(v. limite)	2%	-1.43312287 -0.26860367	18.24%

Tabla17 Análisis para estado de Mar 5, 11 nudos de velocidad y al 75% de su desplazamiento.

PROBABILIDADES	Areas de Espectros		NO EXCEDER	Unidades	Criterios Probabilidad Limite	Areas	Probabilidad Calculada
EMBARQUE DE AGUA	mo-zrel	1.898	3.44	m	5%	-3.1173383	4.43%
EMERSIÓN DEL PROPULSOR	mo-Zprop	0.886	0.187	m(distancia (	5%	-0.01973151	98.05%
ACELERACIONES EN LA PROA	mo-actotal	11.501	0.15	g	5%	-0.09413549	91.02%
SLAMMING	mo-zrel mo-vzrel	1.898 5.852	3.44 1.49	m(calado) m/s(v. limite)	2%	-3.1173383 -0.18994478	3.66%

Tabla18 Análisis para estado de Mar 5, 11 nudos de velocidad y al 100% de su desplazamiento.

PROBABILIDADES	Areas de Espectros		NO EXCEDER	Unidades	Criterios Probabilidad Limite	Areas	Probabilidad Calculada
EMBARQUE DE AGUA	mo-zrel	2.189	2.48	m	5%	-1.40499807	24.54%
EMERSIÓN DEL PROPULSOR	mo-Zprop	1.125	1.147	m(distancia d	5%	-0.58485628	55.72%
ACELERACIONES EN LA PROA	mo-actotal	8.802	0.15	g	5%	-0.12300612	88.43%
SLAMMING	mo-zrel mo-vzrel	2.189 5.804	2.48 1.61	m(calado) m/s(v. limite)	2%	-1.40499807 -0.22366766	19.62%

Tabla19 Resultados de las Probabilidades de degradación de la performancia humana

		Desplazamiento	Magnitud Subjectiva	Criterio Limite	Probabilidad Calculada
Tipo de Mar 2	Velocidad 8 nudos	75%	0.13	10	1.3
		100%	0.14	10	1.4
	Velocidad 11 nudos	75%	0.10	10	1.0
		100%	0.12	10	1.2
Tipo de Mar 3	Velocidad 8 nudos	75%	2.40	10	24.0
		100%	2.20	10	22.0
	Velocidad 11 nudos	75%	2.11	10	21.1
		100%	1.90	10	19.0
Tipo de Mar 4	Velocidad 8 nudos	75%	6.77	10	67.7
		100%	7.54	10	75.4
	Velocidad 11 nudos	75%	6.37	10	63.7
		100%	7.21	10	72.1
Tipo de Mar 5	Velocidad 8 nudos	75%	9.28	10	92.8
		100%	10.69	10	106.9
	Velocidad 11 nudos	75%	8.81	10	88.1
		100%	10.36	10	103.6

Tabla20 Resultados de Probabilidad para superar el criterio de aceleración a 87.1% de la Eslora total.

		Desplazamiento	Areas de Espectros		NO EXCEDER	Unidades	Criterios Probabilidad Limite	Areas	Probabilidad Calculada (%)
Tipo de Mar 2	Velocidad 8 nudos	75%	mo-actotal	0.053	0.15	g	5%	-20.528	0%
		100%	mo-actotal	0.007	0.15	g	5%	-163.333	0%
	Velocidad 11 nudos	75%	mo-actotal	0.046	0.15	g	5%	-23.764	0%
		100%	mo-actotal	0.0066	0.15	g	5%	-163.591	0%
Tipo de Mar 3	Velocidad 8 nudos	75%	mo-actotal	2.0373	0.15	g	5%	-0.531	59%
		100%	mo-actotal	0.9002	0.15	g	5%	-1.203	30%
	Velocidad 11 nudos	75%	mo-actotal	2.4701	0.15	g	5%	-0.438	65%
		100%	mo-actotal	0.9539	0.15	g	5%	-1.135	32%
Tipo de Mar 4	Velocidad 8 nudos	75%	mo-actotal	5.4133	0.15	g	5%	-0.200	82%
		100%	mo-actotal	3.7598	0.15	g	5%	-0.288	75%
	Velocidad 11 nudos	75%	mo-actotal	7.6902	0.15	g	5%	-0.141	87%
		100%	mo-actotal	5.125	0.15	g	5%	-0.211	81%
Tipo de Mar 5	Velocidad 8 nudos	75%	mo-actotal	6.749	0.15	g	5%	-0.160	85%
		100%	mo-actotal	5.136	0.15	g	5%	-0.211	81%
	Velocidad 11 nudos	75%	mo-actotal	11.501	0.15	g	5%	-0.094	91%
		100%	mo-actotal	7.3355	0.15	g	5%	-0.148	86%

XXI COPINAVAL - URUGUAY
CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIRÍA NAVAL,
TRANSPORTE MARITIMO E INGENIERÍA PORTUARIA
MONTEVIDEO, 19 al 22 de octubre del 2009

VALIDACIÓN EXPERIMENTAL DEL CANAL DE ENSAYOS HIDRODINÁMICOS DEL LABORATORIO NACIONAL DE HIDRÁULICA - UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Marcelo Elias Elias*, José C. Villagómez Rosales, Guillermo A. Vásquez Chillcce

Departamento de investigaciones navales, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima Perú

RESUMEN

Este trabajo presenta el proceso de validación del Canal de Ensayos Hidrodinámicos del Laboratorio Nacional de Hidráulica de la Universidad Nacional de Ingeniería (Lima-Perú). Para esto se utiliza el modelo del casco Wigley de 1.5 metros de eslora como modelo patrón. Los resultados obtenidos son comparados con resultados sugeridos por la ITTC (Internacional Towing Tank Conference) en términos de Cw donde se establece inicialmente desviaciones relativas de hasta 48%, luego de las mejoras en equipos y procedimientos se establece una desviación de 5% para números de Froud mayores a 0.25. Las mejoras implementadas ayudan a reducir las fuerzas externas ocasionadas por la fricción de las partes móviles de la estructura de soporte del modelo en aproximadamente 30 gramos correspondiente a 42% de la resistencia total del modelo para un numero de Froud de 0.25.

1. INTRODUCCION

Los ensayos hidrodinámicos de remolque a escala reducida son una herramienta efectiva que permiten determinar la potencia a ser instalada para conseguir una determinada velocidad de servicio, cuando se proyecta, diseña o modifica una embarcación. Para esto, el laboratorio en el que se realizan estos ensayos debe garantizar la confiabilidad de sus pruebas y extrapolaciones.

En el 2007 el Instituto Nacional de Investigación de la Facultad de Ingeniería Mecánica aprobó el proyecto “Validación Experimental del Canal de Ensayos Hidrodinámicos de la Universidad Nacional de Ingeniería”, este proyecto es parte del continuo desarrollo del canal de experiencias hidrodinámicas, el objetivo principal del proyecto es la comparación de los resultados obtenidos al ensayar el modelo patrón Wigley con los valores sugeridos por la ITTC en términos de coeficientes de resistencia por formación de olas y establecer el grado de certeza de las mediciones, instrumentación y procedimientos, determinar las posibles fuentes de error y luego implementar las mejoras necesarias.

*Autor correspondiente. Tel.: +01 989148045
E-mail: marceloeliase@gmail.com (Marcelo Elias Elias)

2. DESCRIPCION DEL CANAL DE ENSAYOS HIDRODINAMICOS

En el 2004 fue creada el área de investigaciones navales en el laboratorio nacional de hidráulica, área dedicada al estudio hidrodinámico en el tanque de remolque cuyas dimensiones son 60 metros de largo, 3 metros de ancho y 2.5 metros de profundidad. Este tanque cuenta con un carro de remolque de instalaciones electromecánicas Marca Kempf and Renners-Hamburgo que se desplaza a lo largo por dos rieles perfectamente alineados en ambos lados del tanque, con una velocidad máxima de 5 metros por segundo, es el más grande y el único con las facilidades para realizar este tipo de ensayos en Perú. El desarrollo tecnológico y científico de Tanque de Remolque está impulsado por los estudiantes de la especialidad de ingeniería naval de la Universidad Nacional de Ingeniería

3. INTERNATIONAL TOWING TANK CONFERENCE (ITTC)

La ITTC es una asociación voluntaria de organismos mundiales que tienen la responsabilidad de predecir el desempeño hidrodinámico de barcos e instalaciones marinas basado en los resultados físicos y numéricos de modelos (ITTC URL). La ITTC fue establecida en 1932 y actualmente tiene 116 organizaciones miembros en 32 países.

La primera tarea de la ITTC es la de estimular el progreso en la solución de problemas técnicos que son de importancia para los directores y superintendentes de los tanques de remolque, estos son responsables de aconsejar e informar sobre pruebas de modelos a los diseñadores, constructores y operadores de barcos e instalaciones marinas basados en los resultados físicos y numéricos del modelamiento.

La ITTC publica guías y recomendaciones de procedimientos relacionados con experimentos de dinámica de fluidos.

La Conferencia tiene como objetivo también promover la investigación en todos los campos en los que se necesita más conocimientos sobre la hidrodinámica de barcos e instalaciones marinas para innovar métodos de experimentos con modelos, modelamiento numérico y mediciones en embarcaciones de tamaño real.

4. PLANEAMIENTO DEL ESTUDIO

Este estudio se considera un Benchmarking por compararse resultados, mejorar procedimientos y métodos para alcanzar un objetivo concreto y mejorar la calidad del servicio así como el completo desarrollo y aprendizaje de nuevos sistemas de remolque.

Uno de los motivos de comparación es garantizar que los resultados obtenidos por el Canal de Experiencias Hidrodinámicas de la Universidad Nacional de Ingeniería (CEHIDUNI) son de completa confianza para los diversos estudios realizados a todo tipo de embarcaciones.

En un ensayo de resistencia al avance se deben recolectar tres datos importantes, la fuerza de remolque, la velocidad y el trimado de la embarcación, con estos valores y usando líneas de correlación, en nuestro caso la de ITTC 1957, se determinan el coeficiente de resistencia total y el coeficiente de resistencia friccional, luego con el factor de forma que es independiente de la escala y la velocidad se calcula el coeficiente de resistencia residual de la siguiente manera:

$$C_R = C_{TM} - C_F(1+K)$$

Donde:

C_R: *Coeficiente de Resistencia Residual*

C_T: *Coeficiente de Resistencia Total* $\qquad C_T = \dfrac{R_T}{\frac{1}{2}\rho S V^2}$

C_F: *Coeficiente de resistencia friccional ITTC 1957* $\qquad C_f = \dfrac{0.075}{(log_{10}R_e - 2)^2}$

R_e: *Numero de Reynolds* $\qquad R_e = \dfrac{VL}{\nu}$

ρ: *Densidad masica del agua* (Kg/m^3)

S: *Area de la superficie mojada* (m^2)

V: *Velocidad* (m/s)

L: *Eslora representativa* [*normalmente* L_{WL} *para el* F_r *y* L_{OS} *para el* R_e](m)

F_r: *Numero de Froud* $\qquad F_r = \dfrac{V}{\sqrt{gL}}$

g: *Aceleracion constante de la gravedad* (m/s^2)

El método recomendado para la evaluación experimental del factor de forma es el propuesto por Prohaska. Si no se presenta separación de la capa límite, la resistencia total puede ser escrita, hacia una primera aproximación como

$$C_{TM}(Re,Fr) = (1+K)C_{FM}(Re) + C_W(Fr)$$

Si la componente de la resistencia por formación de olas en una región de baja velocidad (0.1<Fr<0.2) se asume como función de Fr^4, la recta ploteada de C_{TM}/C_{FM} versus Fr^4/C_{FM} intersecará el eje de ordenadas (Fr =0) en (1+K). Se recomienda tener cuidado con los bulbos cuando estos están cerca de la superficie del agua, además no se debe usar este método cuando la proa y popa del modelo están en contacto con el agua para las velocidades en el método de Prohaska pero están secas para la velocidad de diseño.

5. DESCRIPCION DE LA GEOMETRIA DEL MODELO

La geometría parabólica del casco Wigley esta descrita por una ecuación matemática definida a continuación:

$$y = \frac{B}{2}\left[1-\left(\frac{2x}{L}\right)^2\right]\left[1-\left(\frac{z}{H}\right)^2\right]$$

$$-\frac{L}{2} \le x \le \frac{L}{2}, 0 \ge z \ge -H$$

Los Valores paramétricos son:

$$\frac{B}{L} = 0.1000, \frac{H}{L} = 0.0625$$

Esta forma tiene las siguientes características geométricas:

$C_B = 0.444, C_{PR} = 0.667, C_X = 0.667, C_S = 0.661, S/L^2 = 0.1487$

Esta caracterizada por bordes puntiagudos en la proa, popa y quilla.

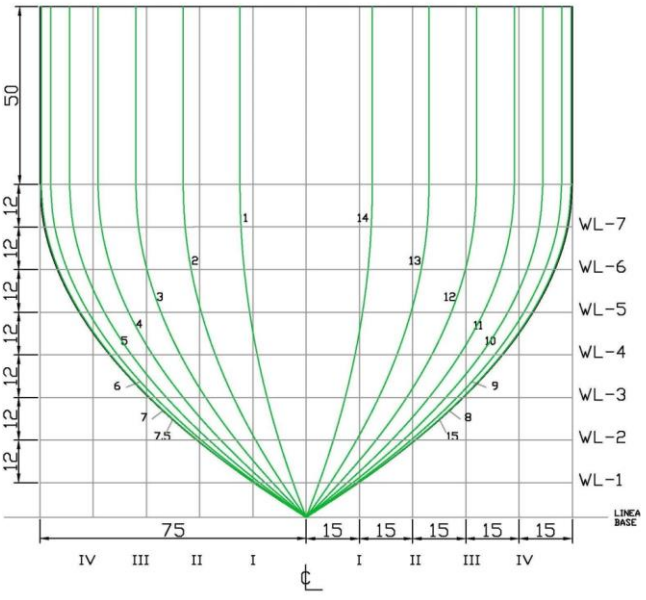


Fig. 1. Vista transversal del modelo Wigley

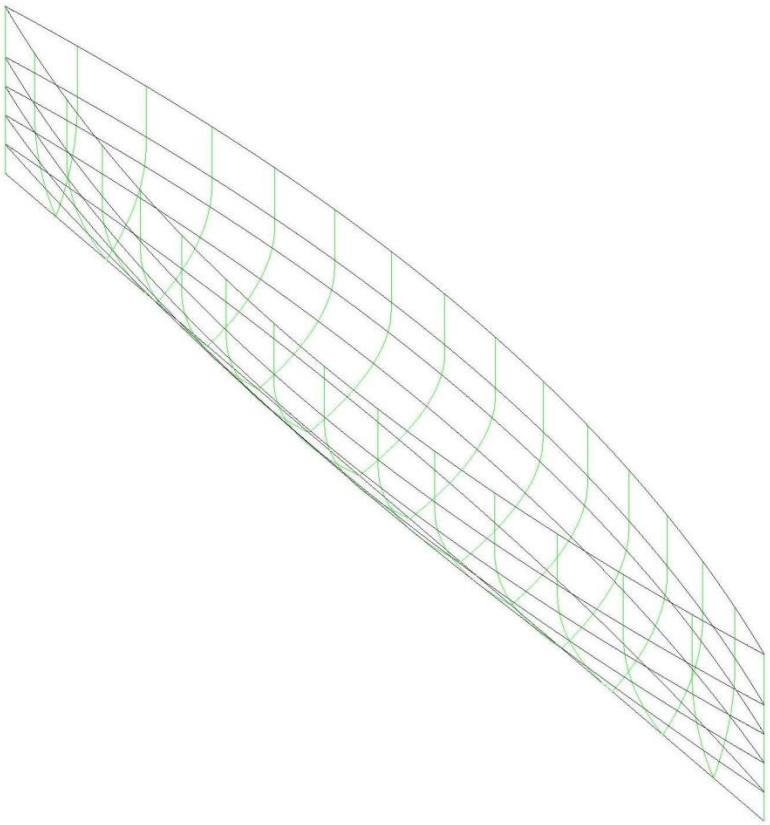


Fig. 2. Rhinoceros vista isométrica del modelo Wigley



Fig. 3. Modelo Wigley utilizado para los ensayos

El modelo fabricado para realizar el ensayo tiene 1500 mm de eslora, 150 mm de manga y 93.75 mm de calado, ha sido modelado utilizando el programa Rhinoceros 4.0 SR5 y fabricado en una maquina de control numérico con tolerancia de 1 mm de acuerdo con las recomendaciones de la ITTC para la fabricación de modelos.

El Modelo Wigley debido a las formas debe tener un comportamiento de una embarcación de desplazamiento, se ha ensayado dejando libre el trimado del modelo.

6. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS

Celda de carga.- Dispositivo encargado de registrar la fuerza de remolque. Rango: 0-1000g dentro del cual tiene comportamiento lineal, alimentación: 0-32 voltios CC, salida: orden de mili voltios siendo necesario un amplificador de voltaje para registrar la salida.

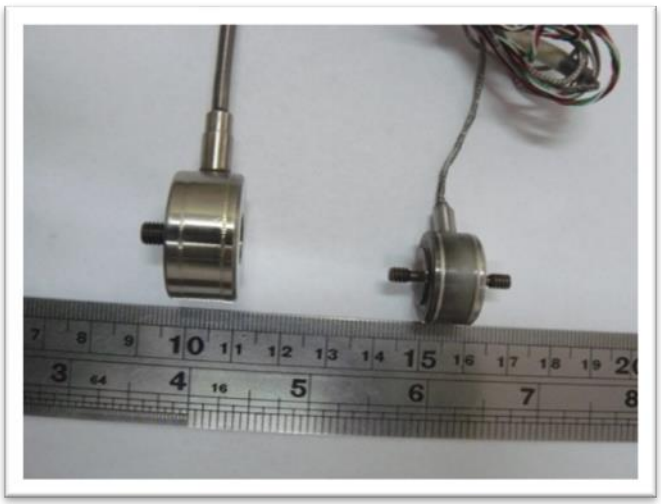


Fig. 4. Celda de carga.

Sensor Fotovoltaico.- Dispositivo encargado de registrar la velocidad de desplazamiento del carro de remolque siendo esta la velocidad de desplazamiento del modelo, alimentación: 10 voltios CC, salida: pulsos de 10 voltios marcados al cambio de tonalidad negro-blanco.

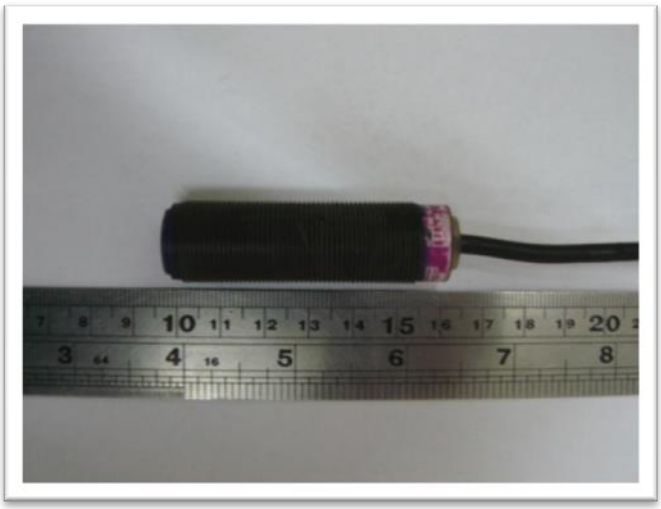


Fig. 5. Sensor fotovoltaico

Amplificador de señal con filtro.- Dispositivo encargado de amplificar la señal de voltaje emitida por la celda de carga a un valor entre 0-10 voltios para que pueda ser registrado por la tarjeta de adquisición de datos, además cuenta con un filtro interno.

Tarjeta de adquisición de datos.- Dispositivo encargado de la lectura del voltaje que emite el amplificador y transmitirlo a la computadora para ser registrado en tiempo real. La capacidad de este dispositivo es de 1000 muestras por segundo, tiene entradas analógicas y digitales con puesta a tierra y de doble polaridad. Marca National Instruments.



Fig. 6. Amplificador de señal con filtro

Plataforma en Labview.- Programa utilizado para la elaboración de un código visual que permite registrar en tiempo real el valor del voltaje de la celda de carga así como el del sensor fotovoltaico, permite calibrar los sensores y graficar la curva de resistencia vs tiempo calculando el promedio de las muestras en cualquier intervalo de tiempo.

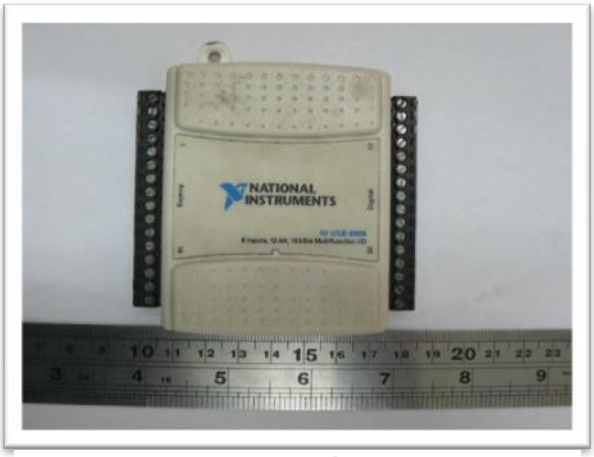


Fig. 7. Tarjeta de adquisición de datos

7. SISTEMA DE SOPORTE DEL MODELO

Se cuenta con un sistema de soporte que restringe los movimientos de rolling, yawing y swaying, estas restricciones dejan libertad para heave, pitchy surge. Se trata de dos estructuras de aluminio que tienen dos ejes de rotación. Para el remolque del modelo se coloca, por medio de poleas, un nylon que transmite la tensión al sensor, esta tensión horizontal representa la resistencia que ofrece el fluido al avance del modelo. Las espadas de aluminio cuentan con unos contrapesos en la parte posterior y superior para colocar el centro de masa de las estructuras en los ejes de rotacion y de esta manera no existan fuerzas externas al sistema.

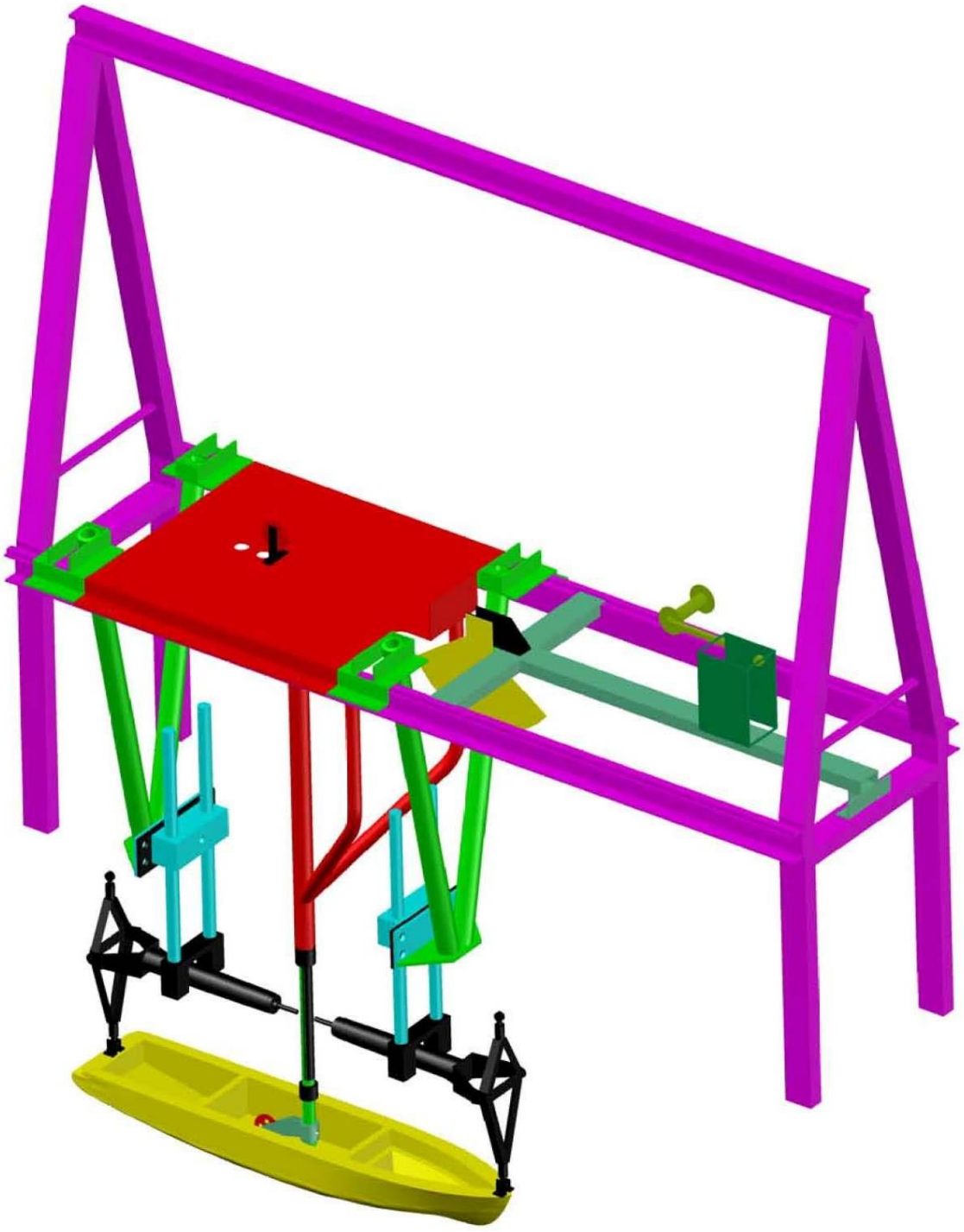


Fig. 8. Sistema de remolque y soporte de modelos

8. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Inicialmente se asumió el factor de forma igual a 1, ya que la bibliografía especializada utiliza este valor como preliminar debido a las formas muy finas y bordes puntiagudos del

casco. Por lo tanto los valores obtenidos para el Cr se consideran, para este estudio, iguales al Cw para cada velocidad.

Tabla 1: Resultados obtenidos por el CEHIDUNI

		CEHIDUNI			**Cw x 10^3**						
Datos Experimentales*	Fn=	0.18	0.2	0.22	0.24	0.266	0.313	0.35	0.402	0.452	0.482
Primer ensayo		--	--	0.105	0.183	0.526	1.600	1.584	--	--	--
Segundo ensayo		0.343	0.640	0.735	0.872	1.198	1.574	1.891	--	--	--
Tercer ensayo		--	0.543	0.663	0.630	0.611	1.637	1.871	2.113	--	--

* valores de Cw asumiendo factor de forma (1+k)=1, el trimado libre, valores interpolados de ser necesario

Tabla 2: Valores referenciales publicados por la ITTC.

ITTC max		ITTC min	
Fn	Cw*	Fn	Cw*
0.210	0.38	0.210	0.38
0.228	0.42	0.228	0.42
0.240	0.56	0.240	0.56
0.250	0.68	0.250	0.68
0.259	0.65	0.259	0.65
0.265	0.64	0.265	0.64
0.274	0.73	0.274	0.71
0.283	0.96	0.284	0.88
0.292	1.21	0.293	1.06
0.299	1.35	0.305	1.29
0.307	1.48	0.313	1.40
0.314	1.54	0.319	1.42
0.320	1.52	0.325	1.39
0.330	1.42	0.331	1.31
0.338	1.33	0.340	1.18
0.345	1.31	0.347	1.12
0.349	1.33	0.352	1.15
0.356	1.42	0.364	1.27
0.370	1.66	0.383	1.48
0.385	1.92	0.398	1.62
0.398	2.23	--	--

* Valores de Cw x 10^3

9. ANALISIS DE RESULTADOS

Los 3 ensayos realizados en el tanque de remolque del CEHIDUNI se realizaron en días diferentes y en cada ensayo fue necesario colocar nuevamente las estructuras de soporte y remolque del modelo, medir la temperatura y calibrar los sensores.

- *Comparación de los 3 ensayos realizados por el CEHIDUNI en términos de Cw*

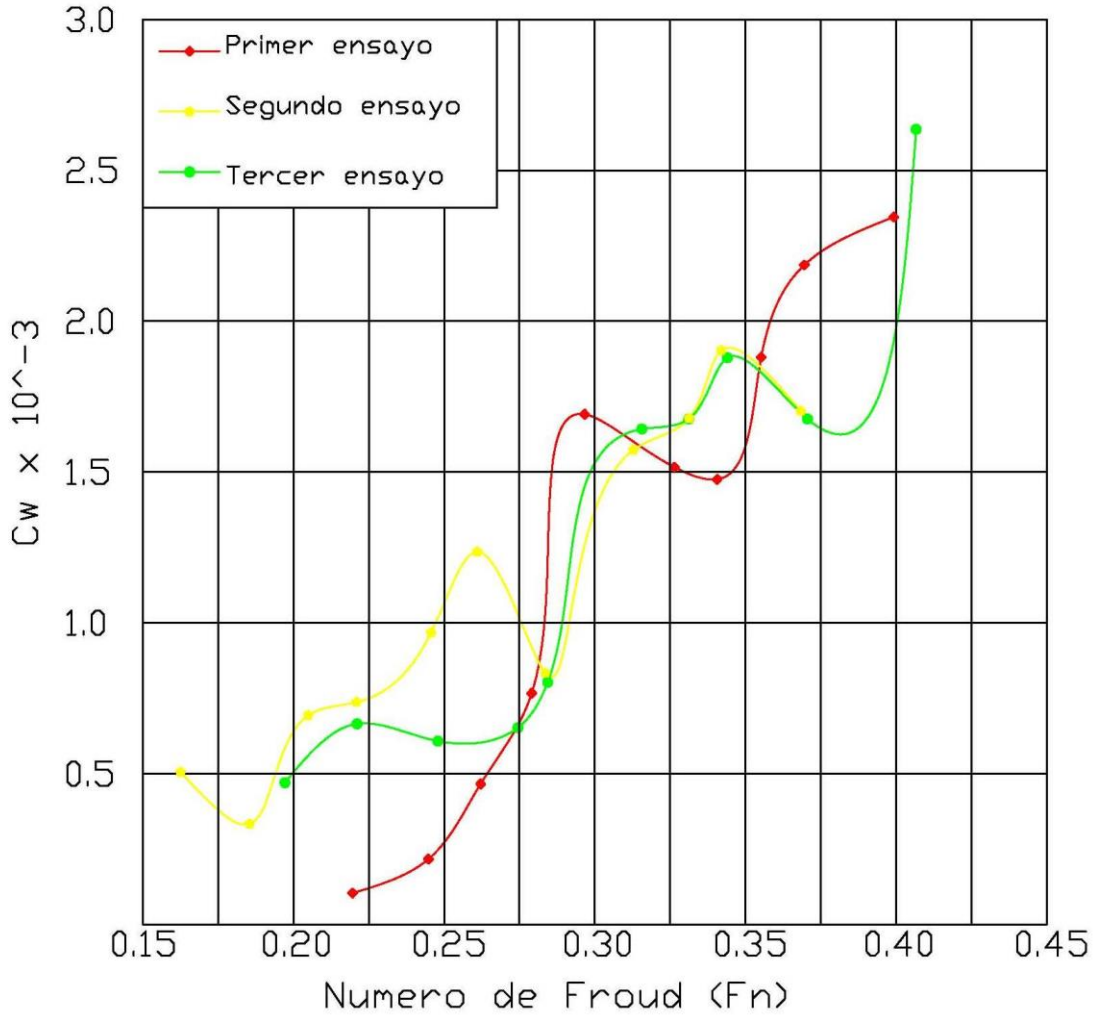


Fig. 9. Valores obtenidos por el CEHIUNI

Los valores de Cw para números de Froud menores a 0,275 tienen variaciones de hasta 0.0007 correspondiente a 58% de variación relativa. Para números de Froud entre 0.275 y 0.325 las variaciones alcanzan valores de 0.0004 correspondiente a 23% de variación relativa. Para números de Froud entre 0.325 y 0.4 las variaciones alcanzan valores de 0.0006 correspondientes a 23% de variación relativa.

Para el rango de números de Froud entre 0.2 y 0.4 la resistencia que ofrece el modelo varía entre 50 gramos y 250 gramos, una variación de 0.0006 de Cw equivale a 30 gramos de resistencia ofrecida por el modelo.

Para números de Froud menores a 0.23 se observo en los ensayos que no había desprendimiento de la capa limite y se genera solo flujo laminar alrededor del modelo.

- *Comparación de los resultados obtenidos por el CEHIDUNI y los valores recomendados por la ITTC*

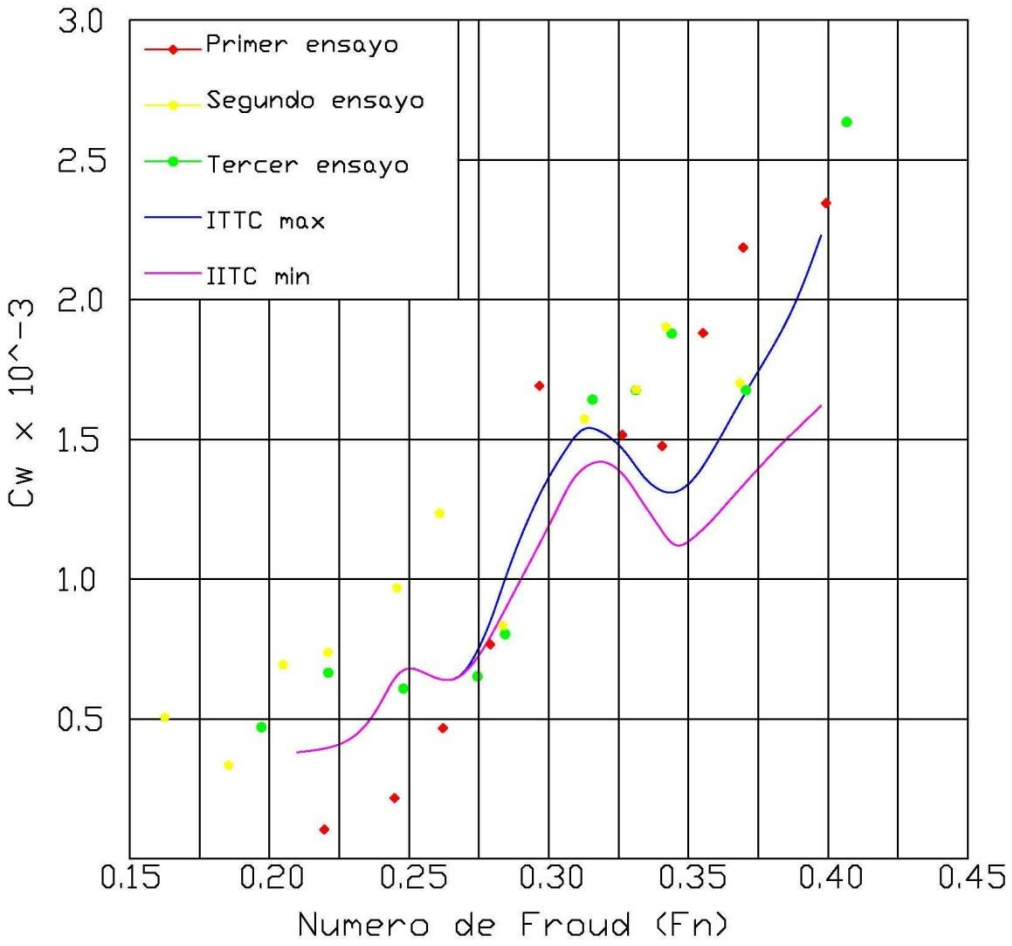


Fig. 10. Comparación de los resultados antes de la implementación de las mejoras

Para números de Froud menores a 0.275 la desviación de Cw alcanza valores de hasta 0.00059 correspondiente a 48% de variación relativa, esto corresponde a 29 gramos de variación en la resistencia total del modelo. Para números de Froud mayores a 0.30 la variación de Cw alcanza valores de hasta 0.00059, correspondiente a 31% de variación relativa. Esto también corresponde a 29 gramos de variación en la resistencia total del modelo.

10. POSIBLES CAUSAS DE LAS DESVIACIONES

Las posibles causas que generan las desviaciones son:

- Asumir el factor de forma 1 para obtener los valores de Cw a ser comparados con los respectivos Cw sugeridos por la ITTC.
- Los ejes de rotación del sistema de soporte del modelo no cuentan con los rodamientos adecuados lo que origina fricción al rotar, esta fricción se ve reflejada en la resistencia al ser una fuerza externa al sistema, esta fuerza es variante y está presente todo el tiempo.
- Las espadas que soportan el modelo y que restringen el Roll, Yaw y Sway no están debidamente alineadas en la dirección de desplazamiento del modelo lo que indicaría que podría estar guiñado a estribor o babor. Las articulaciones que conectan al modelo no cuentan con rodamientos, estas articulaciones al ser ajustadas para restringir el roll generan fricción al rotar.
- Las poleas encargadas de transmitir la fuerza de remolque por medio del nylon al sensor no cuentan con rodamientos adecuados para reducir la fricción. El nylon con el que se remolca puede sufrir deformaciones y ocasionar una fuerza recuperadora induciendo a una fuerza externa.
- Las bases de las estructura de soporte y de remolque del modelo se encuentran muy alejadas del modelo originando vibraciones debido a la falta de rigidez de las estructuras.
- Las pesas de calibración de la celda de carga no están debidamente calibradas y certificadas.
- El sensor fotovoltaico solo registra una toma de muestra por cada revolución que da la rueda del carro de remolque, esto quiere decir que la velocidad se registra cada metro y medio de avance del carro, en este tiempo la velocidad del carro de remolque podría sufrir pequeñas variaciones
- Los carbones encargados de transmitir la energía del carro de remolque están desgastados en exceso lo que origina perdida de energía en algunos tramos del recorrido, esta pérdida de velocidad se ve reflejada en la velocidad del carro de remolque.
- En los rieles de acero por donde se desplaza el carro de remolque se acumula oxido lo que origina pequeñas perturbaciones que se transmiten a los sistemas de soporte y remolque del modelo ya que están conectados al carro de remolque rígidamente.

11. IMPLEMENTACION DE LAS MEJORAS Y PROCEDIMIENTOS

- *Mejoras realizadas en el carro de remolque.*

Cambio de carbones, elementos encargados de transmitir la energía al carro de remolque para que este se desplace, energice los sensores y sistemas de adquisición de datos.

Limpieza de los rieles de acero por donde se desplaza el carro de remolque antes de realizar la prueba de remolque.

- *Mejoras realizadas en el sistema de soporte del modelo*

Instalación de rodajes de titanio en todas las estructuras donde exista rotación, esto incluye:

- Los dos ejes de rotación de las espadas de aluminio
- Las dos articulaciones que conectan al modelo
- Las 2 poleas encargadas de transmitir la fuerza de remolque por medio del nylon

Alineación de las espadas de aluminio respecto al desplazamiento del modelo a lo largo del tanque.

Reducción de la distancia entre la base del soporte del modelo y el nivel del agua, ahora la base de la estructura de soporte del modelo esta a 900 milímetros del nivel del agua.

- *Mejoras realizadas en el sistema de adquisición de datos y en los sensores*

Calibración de los pesos utilizados para calibrar la celda de carga con una balanza certificada por El Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI).

Toma de muestras de velocidad cada 10 centímetros de avance del carro de remolque.

Calibración de la celda de carga con 8 pesos diferentes según recomendaciones de la ITTC, 4 verificaciones son realizadas posterior a la calibración.

Cambio del nylon utilizado para remolcar el modelo por un cable de acero muy fino con capacidad de carga de 50 kilos sin sufrir deformación alguna.

12. RESULTADOS EXPERIMENTALES POSTERIORES A LA IMPLEMENTACION DE LAS MEJORAS Y PROCEDIMIENTOS

Tabla 3: Comparación de los resultados obtenidos por el CEHIDUNI y los valores recomendados por la ITTC después de las mejoras.

Cw x 10^3													
Fn=	0.197	0.212	0.238	0.248	0.272	0.281	0.296	0.316	0.329	0.345	0.367	0.388	0.405
CEHIDUNI*	0.417	0.49	0.584	0.708	0.646	0.846	1.404	1.586	1.452	1.408	1.715	2.123	2.548
ITTC max**	--	0.383	0.526	0.674	0.695	0.906	1.295	1.539	1.438	1.31	1.613	1.978	--
ITTC min**	--	0.383	0.526	0.674	0.685	0.83	1.122	1.414	1.349	1.125	1.311	1.527	--

*Valores de Cw obtenidos por el CEHIDUNI posterior a la implementación de las mejoras y asumiendo factor de forma (1+k)=1. Trimado libre

**Valores de Cw recomendados por la ITTC interpolados de ser necesario.

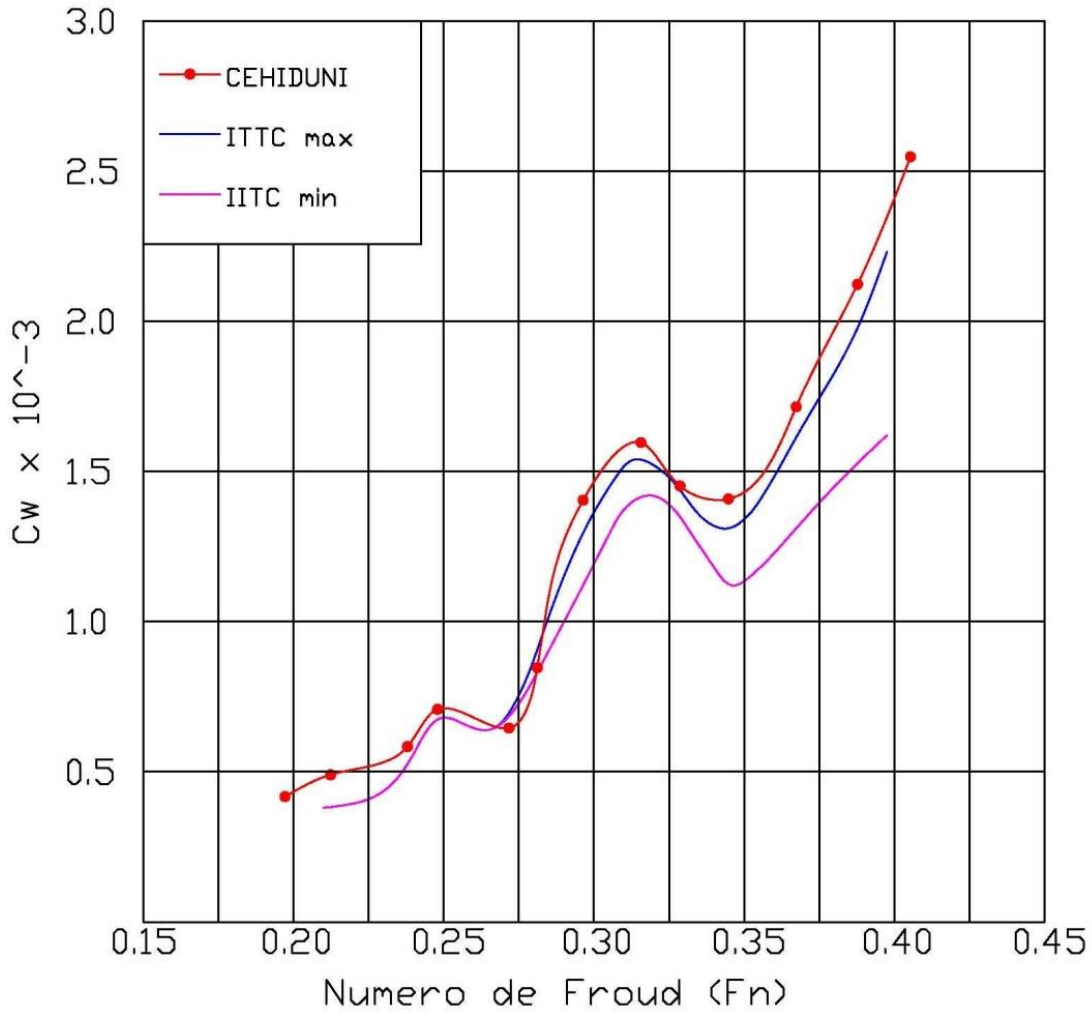


Fig. 11. Comparación de valores después de la implementación de las mejoras

Para números de Froud menores a 0.25 las desviaciones de Cw alcanzan valores de hasta 0.0001 correspondiente a 20% de variación relativa. Para números de Froud entre 0.25 y 0.4 la desviación máxima de Cw es de 0.000098 correspondiente a 5% de variación relativa.

13. CONCLUSIONES

Las desviaciones de alrededor de 20% para números de Froud menores a 0.25 pueden estar relacionados con las dimensiones del modelo, se ha utilizado un modelo de eslora 1.5 metros y para números de Froud menores a 0.25 no se observa formación de flujo turbulento alrededor del modelo, la resistencia promedio para esos números de Froud es alrededor de 70 gramos. Para números de Froud menores a 0.25 variaciones de 10 gramos representa una desviación de 14%.

Para números de Froud mayores a 0.28, los valores de Cw obtenidos por el CEHIDUNI son todos mayores a los sugeridos por la ITTC en aproximadamente 0.0001, esto se puede atribuir a que se ha asumido el factor de forma igual a 1.

Después de la implementación de las mejoras en las estructuras de remolque y soporte del modelo se redujo las fuerzas externas ocasionadas por fricción en aproximadamente 30 gramos, pese a esto todavía existe una fuerza externa de aproximadamente 3 gramos, se debe tener en cuenta que para modelos cuya resistencia total sea menor a 300 gramos se está originando una desviación mayor al 1% debido a las estructuras de remolque.

REFERENCIAS

Lewis, E.V., 1988. Principles of Naval Architecture. Vol. II, SNAME.

David W. Taylor Ship Research and Development Center 1979, Proceedings of the Workshop on Ship Wave-Resistance Computations, Vol. I, Bethesda, Maryland, USA.

ITTC- Quality Management System Guidelines for Benchmarking, 2002, Rev. 01, 4.0-01

ITTC- Model Manufacture Ship Models, 2008, Rev 02, 7.5-01-01-01

ITTC- Uncertainty Analysis Instrument Calibration, 2008, Rev 00, 1.5-01-03-01

ITTC- Guide to the Expression of Uncertainty in Experimental Hydrodynamics, 2008, Rev 01, 7.5-02-01-01

ITTC- Testing and Extrapolation Methods, General Density and Viscosity of Water, 2006 Rev 01, 7.5-02-01-03

ITTC- Testing and Data Analysis Resistant Test, 2008 Rev 02, 7.5-02-02-01

ITTC- Testing and Extrapolation Methods, General Guidelines for Uncertainty Analysis in Resistance Towing Tank Tests, 2008 Rev 01, 7.5-02-02-02

XXI COPINAVAL
XXI CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL
MONTEVIDEO, URUGUAY
OCTUBRE 2009

Esp. Carmen Cecilia Lobo

EVOLUCIÓN DE LAS PLATAFORMAS LOGÍSTICAS EN LATINOAMERICA COMO MODELO DE DESARROLLO EN MATERIA DE INFRAESTRUCTURA, LOGISTICA Y COMPETITIVIDAD





QUE ESTA PASANDO?

- La actividad marítima se ha concentrado por efectos de fusiones, adquisiciones y/o alianzas
- Organismos Internacionales destacan la importancia de América Latina
- Apertura comercial por la expansión del Canal de Panamá
- Facilitación del Comercio y Transporte: Regulaciones, Convenios, Acuerdos.
- Los aspectos determinantes de los costos de Transporte y Logística
- Adaptarse a los cambios del entorno

SUPERVIVENCIA DEL MÁS VELOZ Y AGIL.



QUE ES COMPETITIVIDAD Y PORQUE ES IMPORTANTE?

- La competitividad refleja la capacidad de crecer, innovar, penetrar mercados internacionales y consolidar los mercados existentes
- El indicador más robusto para medir la competitividad es la productividad (el valor producido en una hora de trabajo)
- La mayor competitividad de un país se refleja en mejores oportunidades de inversión, mayores ingresos reales y por ende, en una mejor calidad de vida de su población



COMPETITIVIDAD, INFRAESTRUCTURA, LOGÍSTICA Y PUERTOS

La infraestructura en sí contribuye a mejorar los niveles de producción, el transporte y las comunicaciones

LA LOGÍSTICA SE RELACIONA CON TRES NIVELES BÁSICOS

NIVELES DE RED	ELEMENTOS TRADIC. PORTUARIOS	ELEMENTOS LOGÍSTICOS
RED FÍSICA	TERMINALES, CANALES, DÁRSENAS, MUELLES, ATRAQUES, EQUIPOS, ACCESOS	PLATAFORMAS LOGISTICAS: DE ACUERDO AL MODO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA
RED FUNCIONAL	SERVICIOS AL BUQUE SERVICIOS A LA MERCANCÍA	ACTIVIDADES DE VALOR AÑADIDO
RED DEL CONOCIMIENTO	REDES DE INFORMACION	CONTROL DE STOCKS, GESTIÓN DE FLUJOS, INTERNET.

Los puertos:





- Enlace en las cadenas de transporte internacional.
- Deben asegurar la continuidad de la cadena de transporte y dar fluidez al flujo de carga y de pasajeros.
- Puntos de paso obligados y fronteras, donde pueden detener mercancías: razones aduanales, comerciales o fiscales.

Esto hace que los puertos:

- Sean importantes en las cadenas logísticas.
- Tengo como objetivo mejorar la circulación de las mercancías en las fases de:
- Aprovisionamiento de materias primas y equipos.
- Producción de productos semiterminados.
- Distribución productos terminados.



EVOLUCIÓN DE LAS PLATAFORMAS LOGÍSTICAS EN LATINOAMERICA COMO MODELO DE DESARROLLO EN MATERIA DE INFRAESTRUCTURA, LOGISTICA Y COMPETITIVIDAD

Puertos



Plataformas Logísticas



QUE SON LAS PLATAFORMAS LOGÍSTICAS?

- **Es una zona delimitada, en el interior de la cual se ejercen, por diferentes operadores logísticos, todas las actividades relativas al transporte, a la logística y a la distribución de mercancías, tanto para el tránsito nacional como para el internacional.**
- **Servicios Fundamentales**
- **Servicios Complementarios**
- **Servicios Conexos**

EUROPLATFORMS: Asociación Europea de Plataformas Logísticas



TIPOS DE PLATAFORMAS LOGÍSTICAS

CLASIFICACIÓN	TIPO
Con un solo modo de Transporte	Centros de carretera o centros de servicios al transporte Centro de distribución urbana o city – logistics Parque de distribución o distriparks Centros de Transporte
Con más de un modo de Transporte	Zonas de Actividades Logísticas Centros de Carga Aérea Puertos Secos Plataformas Logísticas Multimodales



ANTECEDENTES DE PLATAFORMAS LOGISTICAS EN EUROPA

Centros de Distribución Urbana o City - logistics	Francia las regiones de Arras y Lille. Alemania con sus “GVZ”, siendo el más grande en Bremen. Los Países Bajos con los UDC o Centros de Distribución Urbana.
Centros de Transporte	España con un número considerable: Centro de Transporte Coslada (Madrid), Barcelona Centre Logistic, Centro de Transporte de Mercancías de Sevilla, entre otras.
Parques de Distribución o Distriparks	Italia, entre ellos Mónaco, Padova, Cityporto, Génova.
Zona de Actividades Logísticas	La Zal del Puerto de Valencia, Zal de Sevilla, Zal de Barcelona, Zal de Tarragona en España, Zal de Nanjing en China.
Centros de Carga Aérea	El Reino Unido, especializado en Transporte Aéreo a través de las “RFD” o villas de carga como terminales regionales. Centro de Carga Aérea de Barajas en Madrid (España)
Puertos Secos	Puerto Seco de Madrid, Henares, León en España, Interporto en Bologña.
Plataformas Logísticas Multimodales	Plataforma Multimodal en Barcelona/ Cha de Brión en Galicia, As Neves y Salvatierra, Vigo (España).

INTERPORTO DE BOLOÑA (ITALIA)



ZAL de BARCELONA (España)





PLATAFORMAS LOGÍSTICAS EN AMÉRICA LATINA



Puerto Seco de Mendoza

Puerto Seco de Junín

Plataforma Logística de San Luís, Tucumán

Proyectos actuales: Proyecto Mercado Central Buenos Aires



Parque Logístico Bahía Blanca

Parque Logístico Zonamérica

Puertos Secos de Interior: Brasilia, Porto Franco, Carajas, Sao Paulo, Belo Horizonte, Paranagua y Sao Francisco do Sul



Puerto Seco de Alto (En ejecución)

Puerto Seco de Oruro (En ejecución)



PLATAFORMAS LOGÍSTICAS EN AMÉRICA LATINA



Centro de Carga Aérea: Bogotá y Medellín

ZAL Portuaria: Buenaventura, Cartagena, Barranquilla y Santa Marta.

Puerto Seco: Buga y Turbo

Plataforma Multimodal: Puerto Berrío y Barrancabermeja

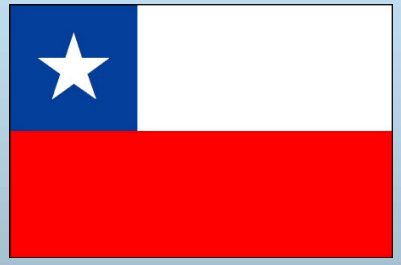
Área Logística de distribución Urbana: Bucaramanga, Medellín, Calí y Bogotá.

Área Logística de Apoyo en Frontera: Cúcuta, Maicao e Ipiales.

Área Logística de Consolidación de Cargas: Manizales y Montería.



PLATAFORMAS LOGÍSTICAS EN AMÉRICA LATINA



Puerto Seco de Arica

Puerto Terrestre Los Andes

Zona de Extensión de Apoyo Logístico (ZEAL)



Puerto Terrestre en Santo Domingo de los Colorados (Estudio de viabilidad)



En proyecto – Plataforma Logística Paraguay Bolivia para el aprovechamiento de la hidrovía Paraguay Paraná (CAF, 2008)



PLATAFORMAS LOGÍSTICAS EN AMÉRICA LATINA



Plataforma Logística del Pacífico (El Callao, en proyecto)



Zona de Actividad Logística en Cerro Free Port.



Almacenes, Centros de Acopio o Mercados Mayoristas, Silos, Depósitos Lecheros



CONCLUSIONES

- Se percibe en nuestros países el desarrollo de plataformas logísticas: Puertos Secos, Centros Logísticos de productos específicos, Mercados Mayoristas, entre otros.

- En la mayoría de los casos, se observa una ausencia de formulación de planes que contemplen Plataformas Logísticas Multimodales, Servicios Logísticos de Frontera, Redes de Mercados Mayoristas.

- La competitividad de los diferentes sectores productivos requieren de infraestructuras logísticas que den respuesta a sus necesidades. De su correcto diseño y gestión depende en gran medida la supervivencia de sectores productivos enteros.

- Se requiere con urgencia la formulación de políticas y planes nacionales y regionales , como medio para incentivar el crecimiento ordenado de los puertos, y por ende, las construcciones denominadas Plataformas Logísticas.



REFLEXIONES

- La tendencia del Comercio Internacional es enfrentarse a mercados globalizados y altamente competitivos, que obligan a los entes involucrados a adecuar sus infraestructuras para el manejo de las cargas.
- El Comercio Internacional de un país no sólo se apoya en reformas portuarias, sino que deben ir en paralelo con una buena planificación del transporte y de la logística.
- Los países necesitan invertir en mejorar su infraestructura de transporte, que garantice mejores condiciones al comercio.
- .El desarrollo de plataformas logísticas deberá tener como principal objetivo, atender aquellos rubros o localizaciones que contribuyan a la competitividad de los países.
- Entender que tanto el sector público como el privado deben mantener una relación muy estrecha y participativa, sólo así podremos ser competitivos a nivel internacional.


“Aquellos países, comunidades y empresas que puedan leer la escritura en la pared, ante que sus competidores puedan siquiera ver la pared, se catapultarán al éxito competitivo.”
Dr. Kasarda.
Kenan-Flager Institute
Muchas Gracias

Influência de Grandes Eventos Macroeconômicos na Indústria Marítima Mundial: Uma Análise sob a Ótica da Dinâmica de Sistemas

Joaquim Rocha dos Santos, M.Eng.
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia Naval e Oceânica
jrsantos@usp.br

Marcelo Ramos Martins, PhD
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia Naval e Oceânica
mrmartin@usp.br

Resumo

Em 2006 o investimento em imóveis residenciais nos EUA foi de 767 bilhões de dólares, 5,8% do PIB daquele país. Em meados de março de 2007, a New Century Financial, a maior empresa independente de crédito imobiliário *subprime* dos EUA, parou de conceder financiamento imobiliário, devido ao aumento da inadimplência. Em abril do mesmo ano, ela demitiu metade dos seus funcionários e entrou com um pedido de proteção contra falência. Esse foi o primeiro grande evento que alertou o mundo para a crise econômica que se aproximava e que provou ter proporções muito maiores do que se poderia imaginar inicialmente.

Nem todos os atores da economia perceberam a importância desse evento, e muitos não tomaram medidas adequadas para evitá-lo com a devida brevidade. Como a crise deveria afetar a Indústria Marítima Mundial (IMM), era uma pergunta que os interessados deveriam ter feito. Uma ferramenta para analisar a situação de maneira consistente e clara seria de grande utilidade para todos os atores da indústria: governo, bancos, estaleiros, armadores e outros.

Este trabalho apresenta um modelo matemático inicial que poderá contribuir para tal análise. Tal modelo consta de duas partes que apresentam de maneira muito simplificada dois aspectos: um retratando a IMM, e o outro o comportamento das variáveis macroeconômicas.

O modelo é testado seguindo uma descrição teórica do comportamento dinâmico da economia real, considerando as seguintes situações: aumento ou redução de taxas de juros; aumento ou redução de impostos; e aumento ou redução dos gastos do governo. Esses testes representam ações que os governos reais tomam. As variações na taxa de juros representam as políticas monetárias dos Bancos Centrais; as variações de impostos e gastos do governo representam ações de política fiscal.

As conclusões são: o modelo representa corretamente as descrições econômicas; e as variáveis macroeconômicas deveriam ser incluídas nas decisões dos diversos atores da IMM. Visualizar o problema com antecedência e eliminar os grandes atrasos de percepção, decisão e ação, pode resultar em uma situação muito mais favorável a todos os atores da indústria, aos governos, ao meio ambiente e à sociedade.

1 INTRODUÇÃO

Um dos aspectos mais interessantes e preocupantes da economia da indústria marítima é o seu comportamento cíclico, onde períodos de grande prosperidade são seguidos por períodos de grandes perdas financeiras e materiais, com conseqüências indesejáveis para os diversos atores dessa indústria, para a sociedade e para o meio ambiente. Santos (2007), Santos e Martins (2007) e Raff (1961) mostram, por meio de modelagem matemática, que tal comportamento tem razões endógenas, ou seja, podem ser atribuídos à própria estrutura da indústria, que leva a um comportamento dinâmico oscilatório.

Com o propósito de atenuar tais oscilações, seria interessante entender como as variáveis externas a essa indústria poderiam ser monitoradas, de maneira a compreender como os eventos externos à indústria a afetam e com que intensidade. Para tanto seria necessário aumentar as fronteiras do modelo proposto por Santos (2007), incluindo aspectos considerados externos naquele trabalho.

Stopford (1997) apresenta dez variáveis relevantes para a modelagem do mercado. Pelo lado da demanda tem-se: o nível de atividade da economia mundial; nível de intensidade do transporte marítimo de commodities; a distância média das viagens; eventos políticos; e os custos de transporte. Pelo lado da oferta tem-se: a capacidade de transporte da frota mundial em toneladas.milhas; a produtividade desta frota; a capacidade de produção pelos estaleiros de novos navios; as perdas e demolições de navios, que afetam a capacidade da frota; e as taxas de frete. Note-se que por si só a capacidade dos estaleiros é altamente dinâmica e afetada pelas oscilações do mercado A Figura 1 apresenta uma visão com uma conexão linear dessas variáveis.

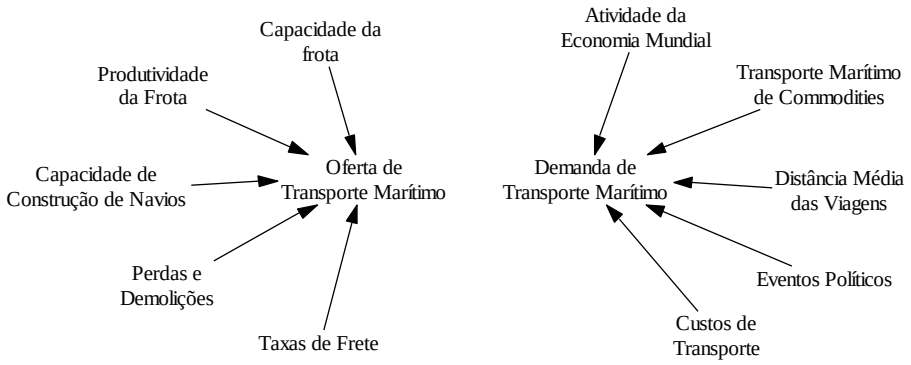


Figura 1 - Dez variáveis propostas por Stopford (1997)

Uma forma diferente de observar a questão, com a inclusão de algumas variáveis consideradas importantes pelos autores seria a apresentada na Figura 2. As variáveis incluídas (em negrito) são o transporte marítimo de carga geral e a globalização. Por globalização entende-se a tendência dos países de manter livres fluxos de bens e recursos financeiros, o que aumentará o comércio internacional e o nível de atividade econômica[1]. A globalização é uma grandeza intangível, mas poderia ser muito útil caso se fizesse o uso da técnica de cenários (Schwartz, 2006), o que está fora do escopo deste trabalho. Naturalmente, outras ligações poderiam ser consideradas na Figura 2, mas por questões de simplicidade e visualização

[1] O trabalho que recebeu Prêmio Nobel de economia de 2009 foi sobre os efeitos positivos do comércio na atividade econômica.

foram incluídas apenas aquelas consideradas de maior relevância. Observe-se que somente três das variáveis da Figura 2 são de fato exógenas à indústria, a Atividade da Economia Mundial; a Globalização; e os Eventos Políticos. O Custo de Transporte tem uma componente exógena (preços dos insumos) e uma componente endógena (utilização da frota).

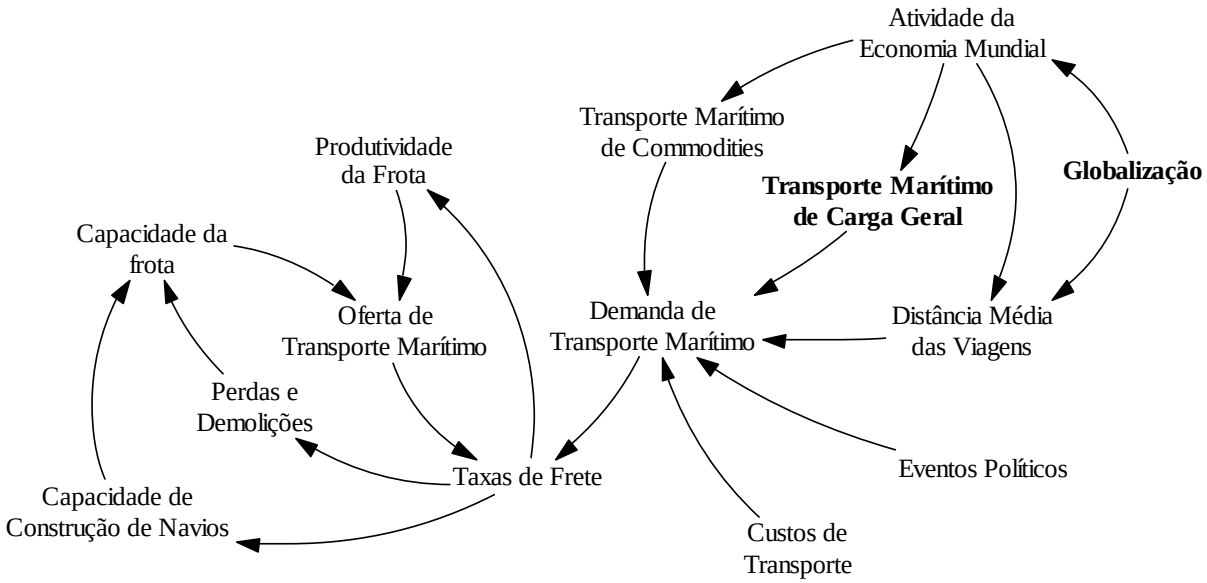


Figura 2 - Dez variáveis propostas por Stopford em uma visão sistêmica

Este trabalho explora, em nível puramente conceitual, alguns aspectos fundamentais da economia que afetam a indústria marítima, como passo inicial na montagem de um modelo que permita discussões e a compreensão dinâmica da questão.

O desenvolvimento do método é feito em quatro etapas: apresentação de um modelo teórico simplificado dos aspectos econômicos da IMM; apresentação de um modelo teórico simplificado do comportamento macroeconômico de curto prazo de uma economia fechada; apresentação dos testes realizados com os modelos integrados e a comparação com o que a teoria macroeconômica descreve; e análises dos resultados obtidos e conclusões. Ao final das análises e conclusões sugere-se uma investigação se as variáveis macroeconômicas não seriam relevantes nas tomadas de decisão da IMM. Para os leitores não familiarizado com o emprego da Dinâmica de Sistemas, foi incluído um anexo com breve introdução do assunto.

2 MODELO SIMPLIFICADO DA INDÚSTRIA MARÍTIMA MUNDIAL

2.1 Elaboração do Diagrama de Forrester[2]

O diagrama de Forrester proposto para o modelo em estudo é apresentado na Figura 3. Com a finalidade de manter o modelo apenas com os elementos mais relevantes à questão o diagrama representa uma simplificação das propostas de Santos (2007) e Santos e Martins (2007).

A Produção de Bens ($/Mês) é uma variável pertencente ao setor macroeconômico do modelo, onde será tratada com nível de detalhe adequado. As variações da Produção de Bens

[2] Para o desenvolvimento dos modelos foi utilizado o software Vensim PLE, versão 5.9, da Ventana Systems, que pode ser baixado gratuitamente, para fins educacionais, do sítio http://www.vensim.com.

levam um tempo até afetarem o volume de comércio internacional. Tal dinâmica é capturada na Demanda por Transporte Marítimo (toneladas[3]), que é uma suavização exponencial da Produção de Bens, com um tempo médio de suavização igual ao Tempo de Atraso na Variação do Comércio Internacional, e a um fator (Liga Efeito da Produção de Bens).

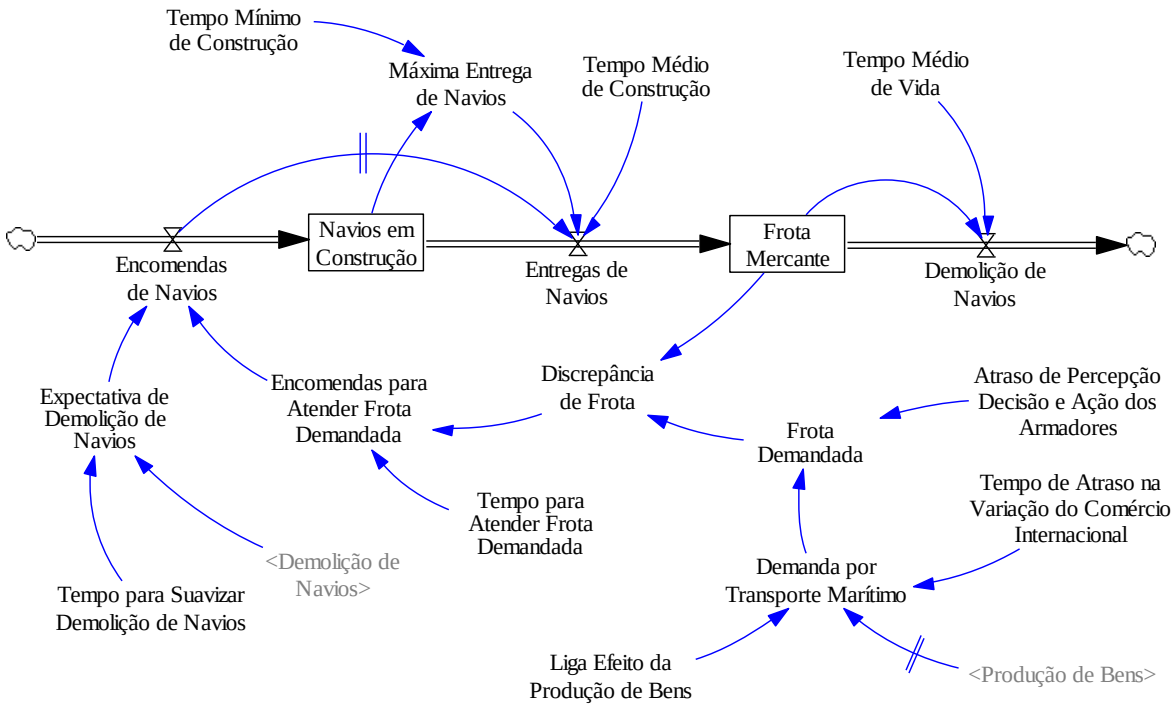


Figura 3 - Diagrama causal do modelo da Indústria Marítima Mundial

A variável Liga Efeito da Produção de Bens tem dois propósitos: acoplamento dos dois setores do modelo; e servir de relação explícita entre a Produção de Bens e a Demanda por Transporte Marítimo. Quando está variável está na condição ligada (ON), permite que o comportamento do setor que representa a macroeconomia afete o setor que representa a IMM; quando desligada, ela mantém o desacoplamento dos dois setores. A outra função dessa variável é a transformação da Produção de Bens em Demanda por Transporte Marítimo; neste trabalho, por questões de simplificação, ela foi adotada como sendo 1:1; entretanto, essa transformação é mais complexa e varia ao longo do tempo em função tanto do efeito "*far west*"[4] quanto do aumento do comércio entre as nações (globalização).

[3] É considerado por todos no meio marítimo que a unidade mais adequada para descrever a demanda por transporte marítimo é a tonelada*milha. Para os nossos propósitos essa distinção não é relevante. Santos (2007) e Raff (1961) tratam essa questão com detalhe.

[4] Far west é o nome dado à movimentação da tendência que o comércio internacional apresentou ao longo do século XX, saindo do Mediterrâneo para o Atlântico, e depois Índico e Pacífico. Essa mudança aumentou significativamente a quantidade média de milhas navegadas por um navio para entregar suas cargas. Para maiores detalhes, consulte Stopford (1997).

A Frota Demandada (toneladas) representa a frota mercante que os armadores julgam adequada para atender a demanda por transporte marítimo. No modelo ela é representada como uma suavização exponencial da Demanda por Transporte Marítimo, com um tempo médio igual ao Atraso de Percepção, Decisão e Ação dos Armadores.

A determinação da Frota Demandada é o resultado de extensas análises apresentadas nos trabalhos de Raff (1961) e no de Santos (2007). Tal análise (qual?) inclui a análise da oferta e da demanda por transporte marítimo, as expectativas com relação à demanda, as variações de custos devido à elevação da utilização da frota (velocidade dos navios e alteração dos períodos de manutenção), as expectativas de lucratividade no curto e no longo prazo e as taxas de frete. Todas essas malhas foram excluídas por simplicidade, mas é importante citar que elas envolvem grandes atrasos que tendem a aumentar a amplitude dos ciclos dos negócios.

A Discrepância de Frota (toneladas) é o resultado da diferença entre a Frota Demandada e a Frota Mercante, isto é, a diferença entra a frota existente e aquela considerada adequada pelos armadores.

As Encomendas para Atender Frota Demandada (toneladas/mês) é o resultado da divisão da Discrepância de Frota pelo Tempo para Atender Frota Demandada. A Expectativa de Demolição de Navios (toneladas/mês) é obtida a partir da suavização exponencial da Demolição de Navios, usando o Tempo para Suavizar Demolição de Navios como igual a seis meses; Sterman (2000, Cap. 17) contém uma detalhada explicação da necessidade desse fator para se evitar erros de regime permanente[5]. Santos (2007) faz análise similar, aplicada à indústria marítima.

As Encomendas de Navios (toneladas/mês) representam os pedidos colocados para os estaleiros construtores. Esses pedidos são estocados na variável Navios em Construção (toneladas). Depois do período de construção, representado pelo Tempo Médio de Construção, os navios são entregues; essa dinâmica é capturada na variável Entrega de Navios (toneladas/mês); esta variável é limitada pela Máxima Entrega de Navios, incluída para dar robustez ao modelo. Os navios entregues passam a compor a Frota Mercante (toneladas).

Após um período médio em serviço, adotado como 25 anos, os navios são vendidos para sucata e demolidos, deixando de integrar a frota mercante ativa. Essa dinâmica é capturada pela variável Demolição de Navios (toneladas/mês) que é igual a divisão da Frota Mercante pelo Tempo Médio de Vida.

3 MODELO MACROECONÔMICO DE CURTO PRAZO

3.1 Conceitos básicos

O evento econômico que ficou conhecido como a Grande Depressão, teve início com o *crash* da Bolsa de Nova Iorque em 1929 e continuou pela década de 30. Seu efeito severo levou os economistas a tentar entender o que estava acontecendo com a economia. Em 1936, John Maynard Keynes lançou seu livro A Teoria Geral do Emprego, do Juro e da Moeda (Keynes, 2007), considerado por muitos economistas como marco inicial dos estudos de macroeconomia.

Em 1937, Sir John Hicks resumiu o que considerava uma das principais contribuições de Keynes: a descrição conjunta dos mercados de bens e financeiros. Essa contribuição foi

[5] Também conhecido como erro de estado estacionário na literatura.

depois ampliada por Alvim Hansen. Os dois economistas chamaram a formalização do seu trabalho de modelo IS-LM. (Blanchard, 2004).

O modelo IS-LM é composto por um conjunto de equações que podem ser resumidas a apenas duas. Uma dessas equações gera a curva chamada IS, de *Investment and Savings*, que representa o equilíbrio no mercado de bens, situação que ocorre quando a produção e a demanda por bens estão equilibradas. A outra curva é chamada de LM, de *Liquidity and Money*, que representa o equilíbrio no mercado financeiro, situação que ocorre quando a oferta e a demanda por moeda estão equilibradas.

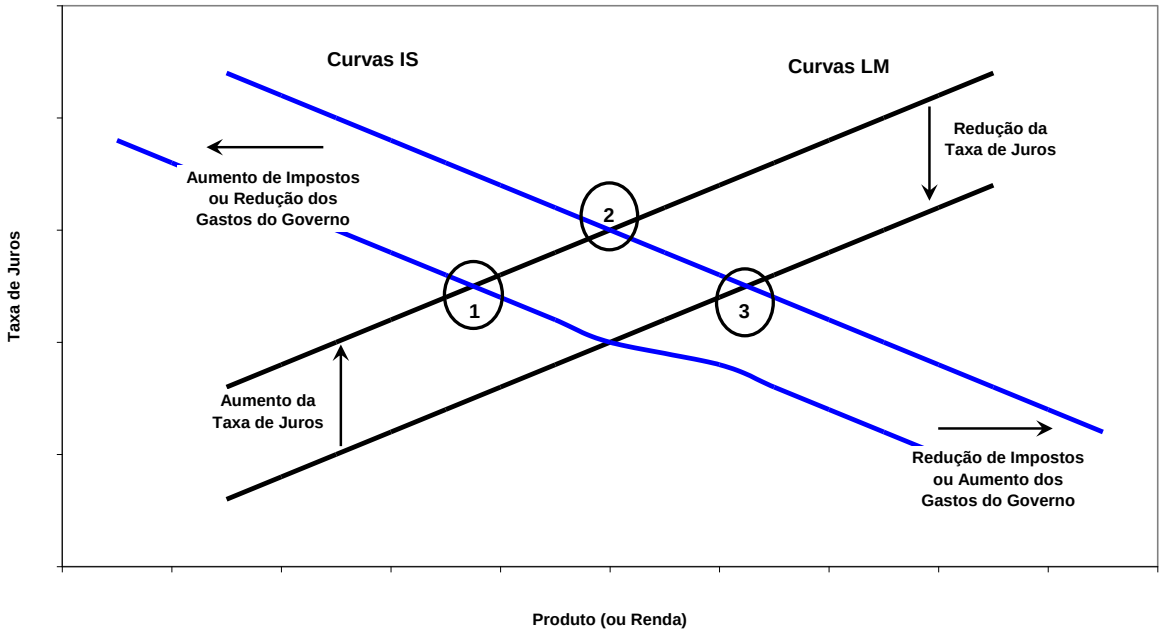


Figura 4 – Exemplo de Curva IS–LM

Uma representação linear da forma geral das curvas *IS–LM* é apresentada na Figura 4[6], que contém os elementos essenciais para a compreensão do modelo[7]. Como exemplo, vamos supor que uma economia opera em equilíbrio no ponto 1. O governo desse país resolve implementar uma política de crescimento e aumenta os seus gastos investindo em infra-estrutura. Essa decisão levaria a curva IS a se movimentar para a direita, indo para o Ponto 3. Com o aumento da riqueza desse país há uma maior demanda por moeda; admitindo que o Banco Central não supra essa necessidade adicional, haverá uma mudança na condição de equilíbrio da moeda, pois a demanda por moeda ficará maior que a sua oferta. Isto fará com que a taxa de juros aumente. Os movimentos conjuntos das duas curvas levarão a economia a operar no Ponto 2 (Produto maior e Taxa de Juros mais elevada).

Blanchard (2004, Cap. 5) sintetiza as análises possíveis como a apresentada no parágrafo anterior; esta síntese é reproduzida na Tabela 1. São consideradas seis situações:

[6] As curvas IS-LM foram representadas como simples retas apenas por conveniência. Sua forma e inclinação são até hoje objeto de estudo e intenso debate entre os estudiosos da economia.

[7] Para uma análise, em nível intermediário, consulte Blanchard (2004). Para uma análise matemática introdutória do modelo, consulte Simon e Blume (2004).

quatro relacionadas à política fiscal (aumento ou redução dos gastos do governo e aumento ou redução de impostos); e duas relacionadas à política monetária (aumento ou redução da taxa de juros).

Política	Ação	Deslocamento de IS	Deslocamento de LM	Produto ou Renda	Taxa de Juros
MONETÁRIA	Aumento de Impostos	Para a esquerda	Nenhum	Diminui	Diminui
	Redução de Impostos	Para a direita	Nenhum	Aumenta	Aumenta
	Aumento dos Gastos Públicos	Para a direita	Nenhum	Aumenta	Aumenta
	Redução dos Gastos Públicos	Para a esquerda	Nenhum	Diminui	Diminui
FISCAL	Redução da Taxa de Juros	Nenhum	Para baixo	Aumenta	Diminui
	Aumento da Taxa de Juros	Nenhum	Para cima	Diminui	Aumenta

Tabela 1 - Consolidação das conclusões do modelo IS – LM

3.2 O modelo de dinâmica de sistemas

A Figura 5 apresenta o diagrama de Forrester do modelo proposto. Tal modelo representa uma economia fechada, ou seja, sem importações ou exportações, e que só se dedica ao primeiro setor (produção de bens).

O Estoque de Bens ($) representa o acúmulo da diferença entre a Produção de Bens e a Demanda por Bens. Sua representação física seriam os carros nos pátios das montadoras de automóveis, as chapas de aço aguardando para serem processadas nos estaleiros, etc. A Demanda por Bens ($/mês) é o resultado da soma algébrica do Consumo, do Investimento e dos Gastos do Governo.

A Produção de Bens ($/mês) é uma função da Previsão de Demanda. Esta é uma simplificação importante, pois assume o conceito que a demanda puxa a produção, conceito esse advogado por Keynes para as análises de curto prazo.

A Previsão de Demanda ($/mês) é assumida como uma suavização exponencial da Demanda por Bens com tempo médio de suavização igual ao Tempo para Ajustar Previsão de Demanda (mês). O Tempo para Ajustar Previsão de Demanda (mês) tem significado físico no intervalo de tempo necessário para a execução das atividades necessárias ao ajuste da produção ao nível desejado. Exemplos dessas atividades seriam: contratação ou demissão de pessoas; aumento ou redução da utilização da capacidade instalada; ou mesmo, ativação ou desativação de plantas de produção.

A Renda Líquida ($/mês) é igual à Produção de Bens menos os Impostos mais as Transferências do Governo ($/mês); essa renda resulta no montante que pode ser gasto pelas pessoas em consumo. Os Impostos ($/mês) são uma função do produto da Taxa de Impostos (adimensional), admitida igual a 30%, e da Produção de Bens. As Transferências do Governo

($/mês) representa os repasses do governo para a sociedade; tais repasses são os benefícios sociais, aposentadorias, serviços como escola e saúde, entre outros.

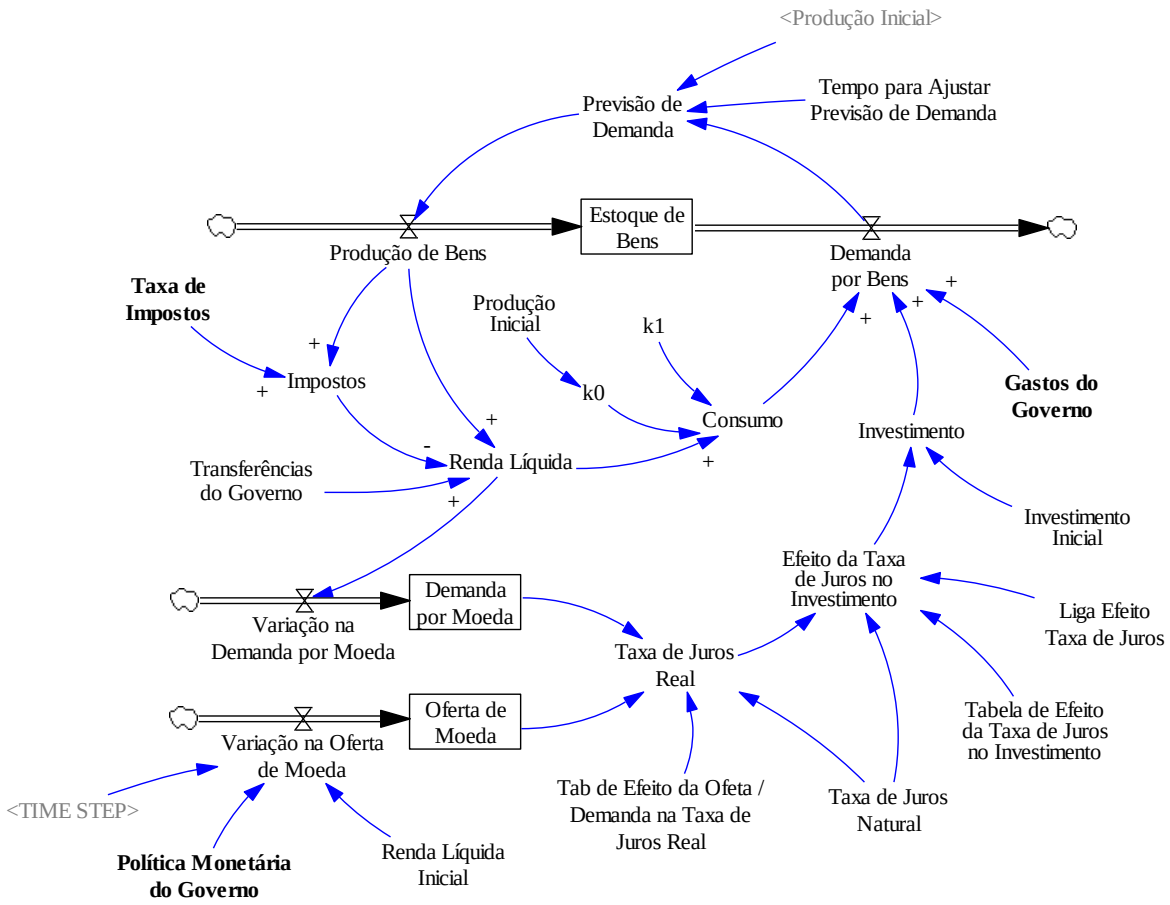


Figura 5 – Diagrama de Forrester simplificado do modelo macroeconômico

O Consumo ($/mês) é uma função da Renda Líquida e de dois fatores, k_0 e k_1, que são coeficientes de uma regressão linear. A variável k_0 representa o consumo que as pessoas teriam, caso sua renda fosse nula. Para cada unidade monetária adicional disponível, o indivíduo aumenta seu consumo de um percentual e, com o restante, faz uma aplicação financeira; este comportamento é capturado pelo coeficiente k_1, também conhecido como a "propensão marginal a consumir". Naturalmente, o estudo do comportamento do consumidor é algo muito complexo e está fora do escopo deste trabalho. Para nosso propósito vamos considerar que o consumo é uma função linear da Renda Líquida, com k_0 arbitrado igual a 20% da Produção Inicial; e k1 adotado como igual a 0,6 que é o valor proposto por Blanchard (2004)[8].

O Investimento ($/mês) é afetado pela Taxa de Juros. Um empresário pode pegar seu dinheiro e aplicá-lo no mercado financeiro ou decidir comprar uma máquina ou um computador. Naturalmente, quanto maior a Taxa de Juros (dinheiro escasso) maior será sua

[8] Para uma interessante e detalhada análise da econométrica ligada a essa questão, sugere-se a leitura dos sete primeiros capítulos de Greene (2000). Blanchard (2004) faz uma exposição simples sobre o assunto.

atratividade por aplicar o dinheiro, quanto menor essa taxa, maior sua atratividade por investir em produção. Essa dinâmica é capturada fazendo com que o Investimento seja função do Investimento Inicial e sofra o Efeito da Taxa de Juros no Investimento, admitido linear e decrescente.

Os Gastos do Governo ($/mês) são o último elemento que afeta a Demanda por Bens no modelo proposto. Essa variável será adotada como uma decisão externa do Governo (variável exógena), resultado de política governamental. Isso representa uma simplificação importante, pois os governos tomam suas decisões de investimento considerando vários fatores endógenos ao modelo, como o próprio comportamento do Produto. Exemplo disso é o comportamento do Governo do Brasil, com o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), que se iniciou visando a um crescimento acelerado e foi mantido, após 2008, com o propósito de reduzir os efeitos da crise econômica mundial. O comportamento dos governos em relação aos seus gastos é um elemento central da teoria keynesiana[9].

A Variação na Demanda por Moeda ($/mês) é igual à Renda Líquida, ou seja, a renda que foi acrescentada na economia. Esta variação aumenta (ou diminui) a Demanda por Moeda ($). Por outro lado, a economia tem uma Oferta de Moeda ($) que é controlada por meio de injeção e retirada de dinheiro pelo Banco Central, representada no modelo pela variável Variação na Oferta de Moeda ($/mês).

A Variação na Oferta de Moeda é afetada pela Política Monetária do Governo e pela Renda Líquida Inicial. Para manter a taxa de juros constante, o modelo admite que o governo tem como padrão injetar na economia uma quantidade de dinheiro igual à Renda Líquida. Para aumentar ou reduzir a Taxa de Juros (1/mês), o governo pode, respectivamente fazer uma contração monetária (retirar dinheiro do mercado), ou uma expansão monetária (injetar dinheiro no mercado), o que pode ser feito no modelo por meio da variável Política Monetária do Governo.

A Taxa de Juros (1/mês) será resultado da Taxa de Juros Natural (1/mês) e do efeito da razão Oferta/Demanda de Moeda. A Taxa de Juros Natural da economia simulada foi adotada em 0.005/mês, que resultaria em 6% aa, um valor considerado razoável para as grandes economias. O efeito da razão Oferta/Demanda de moeda foi admitido como uma função linear decrescente.

O Efeito da Taxa de Juros no Investimento é modelado como uma função linear decrescente. Se os juros reais forem superiores à taxa natural de juros, o Investimento será inferior ao Investimento Inicial; se, por outro lado, a taxa de juros real for menor que a taxa de juros natural, o Investimento será superior ao Investimento Inicial.

A variável Liga Efeito da Taxa de Juros no Investimento é utilizada para acoplar ou separar os efeitos do mercado financeiro no mercado de bens.

4 RESULTADOS DO MODELO

Com o propósito de verificar se o modelo apresenta comportamento coerente foram realizados alguns testes. Primeiro será apresentado o resultado de um teste aplicado ao setor da IMM, desagregado do setor que modela a macroeconomia. Em uma segunda etapa, serão apresentados seis gráficos que discutem as situações propostas na Tabela 1. Essa segunda

[9] Para o leitor que desejar se aprofundar no assunto sugere-se a leitura de Keynes (2007), sendo que Blanchard (2004) apresenta um interessante resumo sobre o assunto.

bateria de testes será útil tanto para verificar se o setor do modelo que representa a macroeconomia apresenta comportamento consistente com a teoria, quanto e quais são seus efeitos na IMM.

4.1 Teste no setor da IMM

Como teste do modelo simplificado da IMM aplicou-se uma variação instantânea de 20% de amplitude na Frota Demandada, no instante 12 (meses). Como pode ser visto na Figura 6, a Frota Mercante oscila em torno da Frota Demandada, chegando a ter um *overshoot* importante. Ao longo do tempo essa oscilação é atenuada e a Frota Mercante procura acompanhar a Frota Desejada.

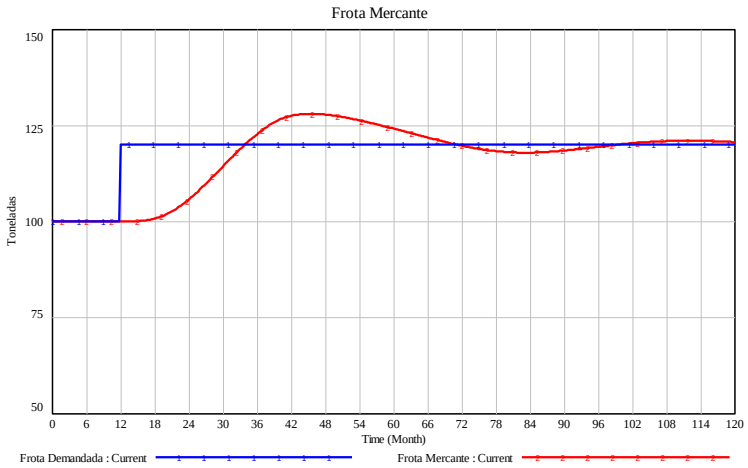


Figura 6 - Comportamento do Modelo Simplificado para um degrau de demanda

4.2 Testes com os dois setores do modelo acoplados

Para verificar se o modelo se comporta de forma coerente com o que é previsto na teoria macroeconômica, foram realizados seis testes, que repetem as situações propostas na Tabela 1. As figuras a seguir apresentam os resultados desses testes.

Caso 0: Situação de Equilíbrio. As condições iniciais do modelo são mantidas. Propósito do teste: avaliar se o modelo está inicialmente em equilíbrio. Resultado considerado satisfatório.

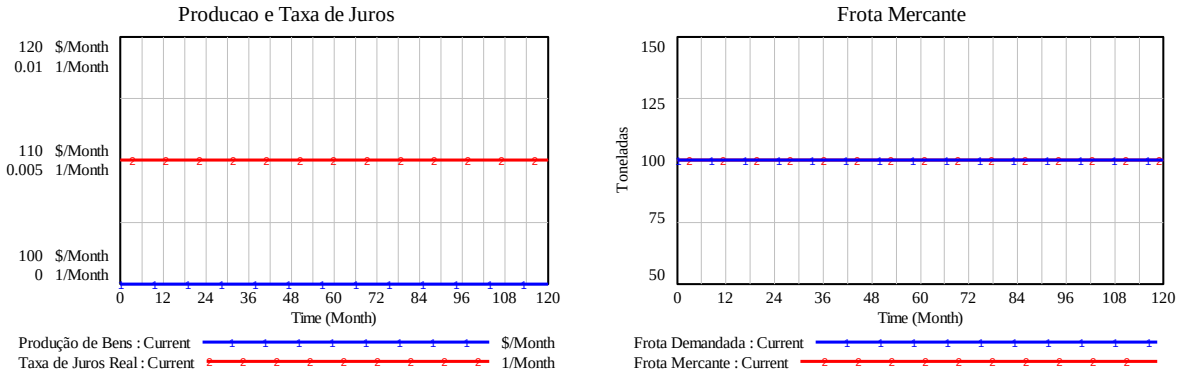


Figura 7 - Teste do Modelo: Situação de Equilíbrio

Caso 1: Aumento de Impostos. No instante 12 há um aumento de 25% na Taxa de Impostos, passando de 30% para 37,5%. Propósito do teste: verificar se o Produto e a Taxa de Juros diminuem.

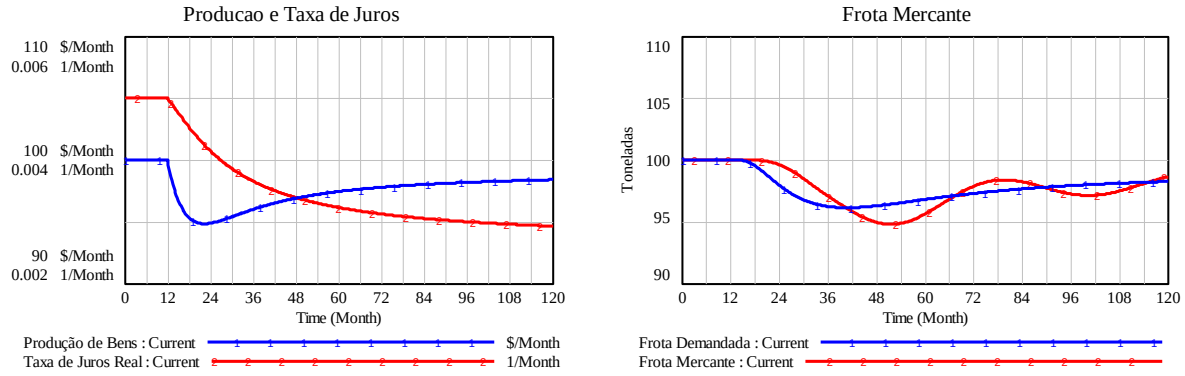


Figura 8 - Teste do Modelo: Aumento de Impostos

Caso 2: Redução de Impostos. No instante 12 há uma redução de 25% na Taxa de Impostos, passando de 30% para 22,5%. Propósito do teste: verificar se o Produto e a Taxa de Juros aumentam.

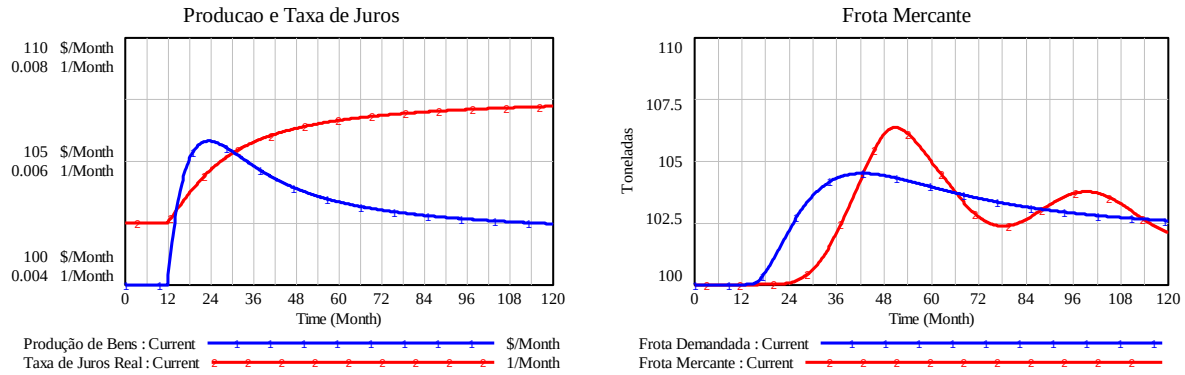


Figura 9- Teste do Modelo: Redução de Impostos

Caso 3: Aumento de Gastos Públicos. No instante 12 há um aumento de 25% nos Gastos Públicos, que passam de 15 para 18,75. Propósito do teste: verificar se o Produto e a Taxa de Juros aumentam.

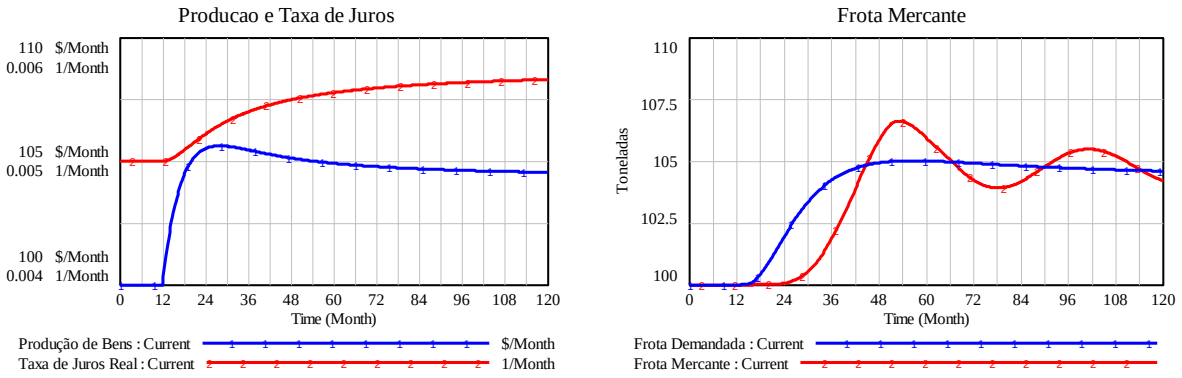


Figura 10 - Teste do Modelo: Aumento de Gastos Públicos

Caso 4: Redução de Gastos Públicos. No instante 12 há uma redução de 25% nos Gastos Públicos, que passam de 15 para 11,25. Propósito do teste: verificar se o Produto e a Taxa de Juros diminuem.

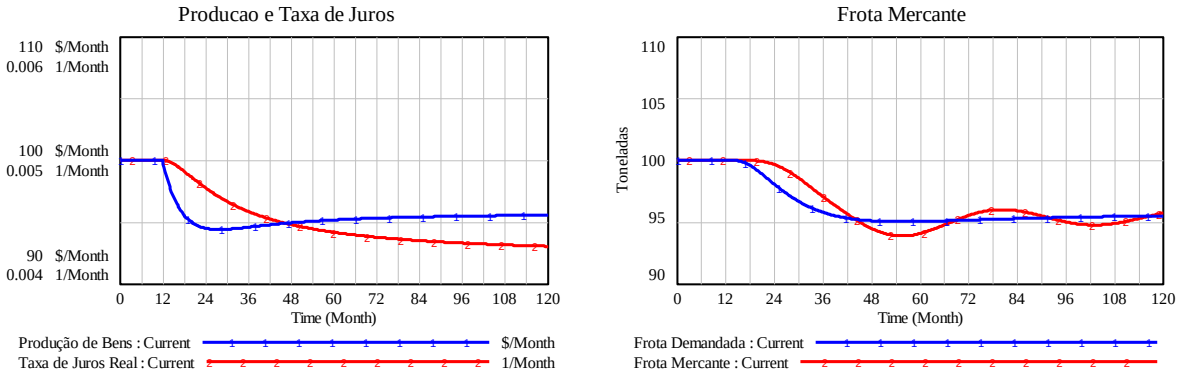


Figura 11 - Teste do Modelo: Redução de Gastos Públicos

Caso 5: Redução da Taxa de Juros. No instante 12, o Banco Central passa a injetar 2,5% da Renda Disponível Inicial, além do valor que já vinha adicionando. Tal decisão acarreta uma expansão monetária, com conseqüente queda da Taxa de Juros Real[10].O propósito do teste: verificar se o Produto aumenta e a Taxa de Juros diminui.

[10] Essa é uma política que pode gerar inflação. O leitor menos acostumado aos estudos de macroeconomia não deve considerá-la uma solução para todos os males da economia.

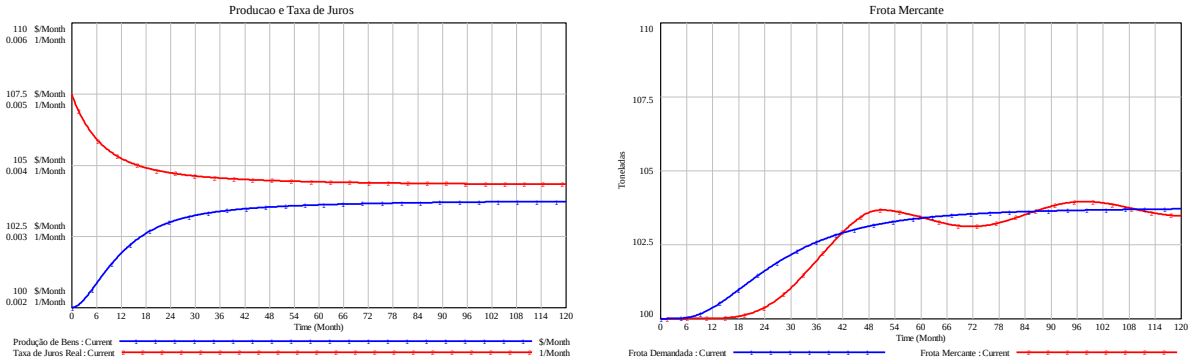


Figura 12 - Teste do Modelo: Redução da Taxa de Juros

Caso 6: Aumento da Taxa de Juros. No instante 12, o Banco Central passa a injetar o valor que já vinha adicionando menos 2,5% da Renda Disponível Inicial. Tal decisão acarreta uma contração monetária, com o conseqüente aumento da Taxa de Juros Real[11]. Propósito do teste: verificar se o Produto diminui e a Taxa de Juros aumenta. Resultado considerado satisfatório.

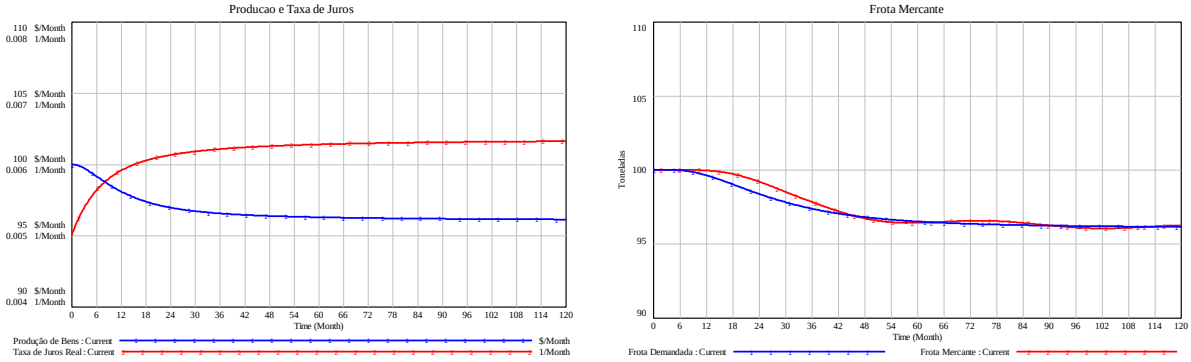


Figura 13 - Teste do Modelo - Aumento da Taxa de Juro

5 DISCUSSÕES FINAIS E CONCLUSÕES

Os resultados apresentados pelo modelo, considerando os sete realizados podem ser considerados satisfatórios. Os testes onde foram forçadas as variações em torno dos valores de equilíbrio são consistentes com o que descreve a teoria macroeconômica que abrange o assunto. Mais do que isso, mostram com clareza que esses efeitos afetam o comportamento da IMM, de forma muito relevante.

Os testes realizados podem encontrar situações similares no mundo real. Em 1979 a segunda crise do petróleo afetou seriamente as economias do mundo. Um desses efeitos foi a inflação que assumiu uma proporção preocupante nos EUA. Paul Volker, nomeado Presidente do Federal Reserve, comandou, no período entre 1979 e 1984, um severo combate a inflação.

---

[11] Essa é uma política muito utilizada pelos Bancos Centrais para controlar a inflação. Segundo Greenspan (2009), isso faz com que "o Banco Central seja aquele garçom desagradável que para de servir vinho, quando a festa está ficando boa". Na verdade, ele se refere ao fato de que às vezes o BC tem que frear o crescimento econômico para não permitir crescimento da inflação.

Para tanto, ele aumentou a taxa de juros de 9%, em fevereiro de 1979, para 17,5%, em abril de 1980. Tal crescimento reduziu o nível de atividade da economia dos EUA, chegando a ter crescimento negativo do PIB em 1980 (-0,5%) e 1982 (-2,2%) (Blanchard, 2004). Como conseqüência desses eventos econômicos, tanto o transporte de granéis quanto o transporte de óleo sofreram uma severa queda, que perdurou por vários anos.

Peter Schwartz afirma que uma pessoa não precisa prever o futuro para saber que após algumas semanas após o início há degelo no Himalaia, as águas do rio Ganges vão subir (Schwartz, 2006). Os resultados apresentados pelo modelo comprovam a visão comum de que os eventos macroeconômicos afetam a IMM no curto prazo. Mais do que isso, é possível entender com clareza qual será o efeito de cada movimento macroeconômico no comportamento da IMM.

Com o desenvolvimento de modelos de Dinâmica de Sistemas mais precisos, que envolvam o médio e o longo prazo, estudos de cenários poderiam ser conduzidos, permitindo que os armadores já soubessem como agir, diante dos eventos que vão afetar a IMM mesmo antes de seus efeitos já estarem instalados. Outros refinamentos, como valores numéricos com outras estimativas, podem facilmente ser empregados.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Professor-Doutor Pierre J. Ehrlich, da Escola de Administração de Empresas da Fundação Getúlio Vargas de São Paulo, por seus importantes questionamentos e contribuições na fase inicial do trabalho; ao Professor-Doutor Mauro Rodrigues, do Departamento de Economia da Universidade de São Paulo, pela revisão e questionamentos dos conceitos macroeconômicos; e ao Professor-Doutor Moyses Szajnbok também por sua revisão e questionamentos. Todos esses professores contribuíram de maneira significativa na consecução do trabalho.

7 REFERÊNCIAS

BLACHARD, Olivier. Macroeconomia, 3ª edição, tradução de Mônica Rosemberg. São Paulo, Pearson Prentice-Hall, 2004.

BRUNSTEIN, I. Economia de Empresas: gestão econômica de negócios. São Paulo: Editora Atlas, 2005.

DORNER, D. The logic of failure: recognizing and avoiding errors in complex situations. New York: Metropolitan Books, 1996.

FORRESTER, J. W. Industrial Dynamics. Cambridge: MIT Press, 1961.

FORRESTER, J. W. System Dynamics and K-12 Teachers. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology (Memorandum D-4665-5), 1996.

GREENE, William H. Econometric Analysis, 4th Edition. New Jersey: Prentice-Hall Inc., 2000.

KEYNES, John M. A Teoria Geral do Emprego, do Juro e da Moeda, 1ª edição, 11ª reimpressão; tradução de Mário R. da Cruz. São Paulo: Atlas, 2007.

KRUGMAN, Paul. A crise de 2008 e a economia da depressão; tradução de Afonso Celso da Cunha Serra. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

MORECROFT, John. Strategic Modelling and Business Dynamics: A feedback systems approach. England: John Wiley & Sons Ltd., 2007.

RAFF, A. I. Dynamics of the Tankship Industry. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 1960. (Dissertação de Mestrado).

ROBERTS, N. (et al) Introduction to Computer Simulation: A System Dynamics Modeling Approach. EUA: Addison-Wesley Publishing, 1983.

SAEED, Kalhid e Radzicki Michael J. A Post Keynesian Model of Macroeconomics Growth Instability and Income Distribution. Internet: disponível em http://systemdynamics.org/conferences/1993/proceed/saeed435.pdf; acesso em 13/07/2009.

SANTOS, J.; MARTINS, M. A indústria mundial de navegação: uma perspectiva sob a ótica da dinâmica de sistemas. 21º Congresso Nacional de Transportes Marítimos, Construção Naval e Offshore da Sociedade Brasileira de Engenharia Naval. Rio de Janeiro, 2006.

SANTOS, J. A indústria marítima mundial: uma análise sob a perspectiva da dinâmica de sistemas. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

SANTOS, Joaquim R., MARTINS, Marcelo R. A indústria marítima mundial: uma análise do comportamento dinâmico sob a ótica da dinâmica de sistemas. XX Congresso Pan-americano de Engenharia Naval, Transporte Marítimo e Engenharia Portuária.

SENGE, P. A quinta disciplina: arte e prática da organização que aprende. Rio de Janeiro: Best Seller Ltda, 2005.

SIMON, Carl P. e Blume, Lawrence; tradução Claus Ivo Doering. Matemática para Economistas. Porto Alegre: Bookman, 2004.

STERMAN, J. D. A Skeptic's Guide to Computer Models. 1991 Disponível em: http://web.mit.edu/jsterman/www/Skeptic's_Guide.pdf. Acesso em 30/07/2006.

STOPFORD, M. Maritime Economics. Londres: Routledge, 1997.

STERMAN, J. D. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Boston: Irwin McGraw-Hill, 2000.

SCHWARTZ, Peter. A arte da visão de longo prazo: caminho para um insight estratégico para você e sua empresa, 4ª edição; tradução de Luiz Fernando M. Esteves. Rio de Janeiro: BestSeller, 2006.

APÊNDICE

Conceitos Fundamentais de Dinâmica de Sistemas

Modelo

Um modelo pode ser definido como uma representação simplificada da nossa percepção da realidade para se atender a um objetivo específico. Destacam-se aqui dois aspectos relevantes: a representação simplificada da percepção da realidade e o objetivo específico.

Diz-se que modelar é a arte de simplificar. Esta simplificação é feita destacando-se as partes importantes desta realidade (representação simplificada) e omitindo-se aquelas que não tem importância para o problema que está sendo estudado (daí o objetivo específico). Um exemplo interessante de modelo é a fotografia. A fotografia é um modelo físico e estático que contém uma simplificação drástica: simplesmente uma dimensão é sumariamente eliminada. Apesar dessa simplificação a fotografia é um modelo que pode atender a um propósito específico. Forrester (1961, Cap. 4), e Sterman (2002), apresentam visões detalhadas e interessantes sobre modelos, incluindo suas classificações e usos.

Relações causais

Quando uma criança coloca a mão em um fogão aquecido, sente o calor e, rapidamente, tira a mão do forno, tem-se uma situação em que o autor faz a ação, sente rapidamente seus efeitos, toma uma ação para corrigir a anterior e tudo está terminado. Essa seqüência de eventos leva a um raciocínio dito linear, que foi fundamental para a sobrevivência do homem até os dias de hoje.

Com o desenvolvimento da sociedade e o conseqüente aumento da complexidade dos sistemas sociais a tendência de analisar as conseqüências dos atos como uma seqüência linear de eventos não é a mais adequada a muitos problemas, principalmente nas áreas de negócios. Sterman (2000, Cap. 1) sugere que uma abordagem mais adequada seria aquela que considera que nossas ações têm efeitos nas outras pessoas e no ambiente, e resultam em ações dessas pessoas e em outras mudanças no ambiente. Tais ações e mudanças afetam a nossa ação original e, freqüentemente, levam a resultados reais muito distantes dos resultados planejados.

A reação dos outros atores e do ambiente estabelece uma malha que afeta o resultado das ações planejadas. Essa interação, chamada de relação de realimentação, é uma das questões centrais da modelagem em Dinâmica de Sistemas. A causalidade está presente em todos os sistemas importantes, sejam eles biológicos, físicos ou sociais.

Diagramas causais

O diagrama causal é a ferramenta usada em Dinâmica de Sistemas para mapear as relações causais. É a ferramenta básica que o modelista usa para entender e depois explicar as relações entre os elementos de um sistema. Serve também para apresentar a estrutura dinâmica de um modelo para as pessoas que não participaram de sua confecção.

A Figura 14 apresenta um exemplo de diagrama causal. Neste diagrama é apresentada a interação entre três elementos: a quantidade de nascimentos em uma população, o número de seres vivos desta população, e a quantidade de mortes nesta mesma população.

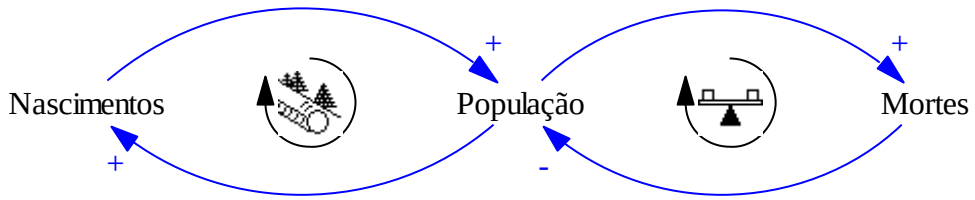


Figura 14 - Exemplo de diagrama causal

As setas indicam a influência que cada elemento tem sobre outro, verificamos que o número de nascimentos influencia a população, e esta, por sua vez, influencia o número de nascimentos. A população influencia o número de mortes, e este, por sua vez, influencia a população. Observe que foram fechadas duas malhas, a da esquerda envolvendo nascimentos e população; a da direita envolvendo população e mortes.

As setas têm sinais em suas pontas[12]. Esses sinais indicam o tipo de influência que um elemento tem sobre o outro. Deve ser observado na malha da esquerda que: quanto maior o número de nascimentos, maior a população – a seta recebe um sinal positivo; quanto maior a população, maior o número de nascimentos – a seta recebe um sinal positivo. Na malha da direita tem-se que: quanto maior a população, maior o número de mortes – a seta recebe um sinal positivo; e quanto maior o número de mortes, menor a população – a seta recebe um sinal negativo.

Observe-se que o centro da malha da esquerda tem uma bola de neve (poderia ter um sinal de +) e a malha da esquerda tem uma balança (poderia ter um sinal -). A bola de neve indica uma realimentação positiva, pois quanto maior o número de crescimentos maior a população e quanto maior a população maior o número de crescimentos. Este tipo de relação causal leva a um aumento contínuo das duas variáveis. A balança representa uma malha com realimentação negativa, pois quanto maior a população, maior a quantidade de mortes; entretanto, ao contrário do caso anterior, quanto maior o número de mortes menor será a população. Este tipo de causalidade leva a um ponto de equilíbrio, fazendo com que as duas variáveis estabilizem.

Diagramas de Fluxo ou Diagramas de Forrester

Os Diagramas Causais têm uma limitação importante, não apresentam de maneira explícita quais as variáveis que definem o estado do sistema nem quais são as que fazem com que este estado se altere. Os Diagramas de Forrester[13], ou diagramas de Nível e Vazão, contém elementos que permitem representar essas variáveis.

Em Dinâmica de Sistemas as variáveis de estado de um sistema são chamadas de Níveis e as grandezas que causam sua variação são chamadas de Vazão. Os Níveis

[12] A interpretação da polaridade em cada seta tem uma definição matemática rigorosa, que, por razões de escopo, não será tratada neste artigo. Para mais detalhes, veja Sterman (2000, Cap. 5).

[13] Em homenagem a Jay W. Forrester, criador do diagrama e pioneiro da Dinâmica de Systemas. Para maiores detalhes, veja Forrester (1961).

representam a integração, os estoques ou os acúmulos de um sistema. As Vazões representam as variáveis que alteram esses estoques.

Para maior clareza, vamos recorrer a um exemplo simples, mas que contém os conceitos fundamentais, Forrester (1996). Considere um sistema que consiste de uma pessoa, uma torneira e um copo que se deseja encher de água. O nível representa a quantidade de água existente no copo. A pessoa de posse da informação (neste caso visual) da quantidade de água e de quanto quer beber (a Meta), controla a torneira (Vazão). Se o copo está enchendo muito rápido ela fecha um pouco a torneira, se o copo está enchendo muito lentamente ela abre um pouco a torneira e quando o copo está cheio a pessoa fecha a torneira, cortando totalmente a vazão.

A realidade descrita no parágrafo anterior está modelada no diagrama da Figura 15. Existem na figura dois símbolos, um nível, representado por um retângulo, e uma vazão, representada por uma válvula. Como já foi dito, o nível representa a integração, ou o estoque, ou o acúmulo do sistema – nesse exemplo a quantidade de água dentro do copo. A taxa que altera o Nível é a Vazão – nesse exemplo, a vazão de água que entra no copo. A Vazão é definida por uma política estabelecida que aponta como a taxa deve ser controlada pelo valor do nível quando comparado a uma meta pré-estabelecida.

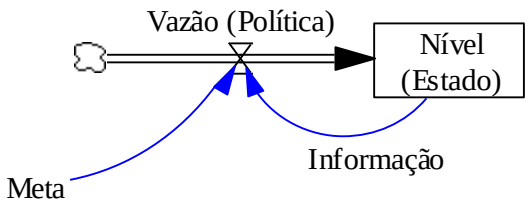


Figura 15 - Exemplo de Diagrama de Forrester

Ainda segundo FORRESTER (1996), todos os sistemas consistem destes dois tipos de conceitos – Níveis e Vazões – e nenhum outro. Esta afirmativa é poderosa em simplificar a visão do mundo. Todos os profissionais podem reconhecer estas duas classes de variáveis em assuntos ligados às suas áreas. A quantidade de água em uma banheira é o Nível, o fluxo de água é a Vazão que altera o Nível. A reputação de uma pessoa é o Nível, que é alterado por suas boas e más ações. O nível de frustração de um grupo é um Nível, que é alterado gradualmente em resposta às pressões nesse grupo.

O último elemento do diagrama que falta ser tratado é a nuvem, colocada do lado esquerdo do diagrama: ela representa a fronteira do modelo. Com isso fica explícito que é admitido neste modelo. No exemplo apresentado fica explicitamente admitido que não há restrições de água para encher o copo.

CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS Y METROLOGÍA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN BUQUE EN GRADA

Salvador Naya[1] y José Ángel Fraguela[2]

[1]Departamento de Matemáticas. Escuela Politécnica Superior. Universidad de A Coruña. (salva@udc.es)
[2]Departamento de Ingeniería Naval y Oceánica. Escuela Politécnica Superior. Universidad de A Coruña. (fraguela@cdf.udc.es)

RESUMEN

La monotorización de procesos mediante el control estadístico de procesos (CEP) y las técnicas usadas en Metrología, basadas en analizar la reproductidad y repetitividad de las medidas (RyR), suelen presentarse como dos métodos distintos de cara a controlar un proceso. En este trabajo se propone la utilización conjunta de ambas técnicas, analizando los aspectos comunes de cara a controlar la variabilidad en la toma de mediciones. Se presentará la aplicación de estas técnicas de calidad al proceso de construcción de un buque en grada, concretamente al control dimensional y de calidad de los paneles de acero utilizados.

Palabras e frases clave: Control Estadístico de Procesos, Control Ingenieril de Procesos, Metrología.

1. INTRODUCIÓN

Un primer objetivo del Control Estadístico de procesos (SPC) es identificar la naturaleza de las causas comunes de variabilidad (aquéllas que están permanentemente presentes en un proceso) y cuantificar su efecto, con el fin de establecer la capacidad del proceso para las diferentes características de calidad. Las causas comunes producen en los resultados del proceso una pauta de variabilidad, generalmente estable y globalmente predecible, que define la capacidad del proceso para satisfacer determinadas especificaciones. Cuando en un proceso sólo están presentes sus causas comunes de variabilidad se dice que el proceso está "bajo control". Por otra parte, en un proceso es posible que existan otras causas que afecten a la variabilidad, llamadas causas especiales de variabilidad, que suelen tener un carácter esporádico y puntual, y que provocan las denominadas "salidas de control" del proceso. Las causas especiales están asociadas, por tanto, a hechos excepcionales como averías o fallos humanos.

Un segundo objetivo del SPC es el establecimiento de un sistema de observación, permanente, que detecte precozmente la aparición de causas especiales de variabilidad y ayude a identificar su origen, con el fin último de eliminarlas del proceso y tomar medidas que eviten su reaparición futura. Su fundamento es la toma periódica de muestras, y la representación gráfica de estadísticos adecuadamente elegidos (como la media o la desviación típica de las muestras) que actúan como señales de aviso de las salidas de control.

La Metrología entendida como la ciencia de las mediciones, tiene como objetivo el estudio de la incertidumbre que se produce en los procesos de medición. Para ello estima la variabilidad y la repetitividad (RyR) de las medidas con la intención de ajustar lo mejor posible las características de calidad a sus valores deseados. Al igual que en el control estadístico de procesos se definen índices para medir la capacidad de los procesos en metrología también

son habituales índices para verificar el instrumento de medición y la repetitividad de las medidas.

Una vez introducido el problema sobre las dos posibles formas de controlar los procesos en el contexto de calidad, en la segunda sección presentaremos las ideas básicas de ambas técnicas, la tercera sección se presentará una aplicación real de un control de procesos y la metrología en la medición de los paneles utilizados en la construcción de un buque en un Astillero y, finalmente, la última sección, estará dedicada a las conclusiones.

2. CONTROL ESTADÍSTICO FRENTE A METROLOGÍA

El control estadístico de procesos tiene como principal objetivo conseguir productos y procesos robustos para lo que suele utilizar gráficos, llamados también gráficos Shewhart en honor a uno de los considerados como padre de esta ciencia, el profesor Walter Shewhart, que fue quien los propuso cuando trabajaba en los laboratorios de la compañía americana Bell Telephone en el año 1931.

Un gráfico de control bien diseñado debe avisar, lo antes posible, de la aparición de una causa especial de variabilidad y ayudar a su identificación y eliminación. Es muy importante, en consecuencia, que todo el gráfico de control que se implante venga acompañado de su correspondiente plan de reacción, que precise las medidas que deben adoptarse en función de la naturaleza de las posibles señales de falta de control que puedan aparecer. Los límites que aparecen en un gráfico de control indican la variabilidad que cabe esperar para el estadístico graficado (por ejemplo la media de *n* observaciones) en el caso de que el proceso se halle bajo control, es decir, actuando sólo las causas comunes de variabilidad. Debe quedar claro que estos límites de control no tienen en principio nada que ver con las especificaciones establecidas para la característica estudiada. Es, en efecto, muy frecuente que límites de control calculados aplicando las fórmulas estándar de los manuales que no se adaptan a la naturaleza de un determinado proceso, se traduzcan en reiteradas falsas alarmas (el gráfico indica una salida de control a pesar de que el proceso está realmente bajo control) que finalmente generan una falta de confianza en el gráfico y su abandono.

Los gráficos de control tienen unas sencillas fórmulas que dependen de la media de las submuestras y de estimaciones de la desviación típica, para lo que se suelen usar las medias de las desviaciones de cada submuestra o las medias de los recorridos, en función de esto se obtienen las siguientes expresiones, en las que los valores de las constantes están tabulados en función del tamaño de la submuestras.

$$\text{Gráfico } \overline{X} \begin{cases} LCI = \overline{\overline{X}} - A_1 \cdot \overline{S} \\ LCS = \overline{\overline{X}} + A_1 \cdot \overline{S} \end{cases} \qquad \text{Gráfico } \overline{X} \begin{cases} LCI = \overline{\overline{X}} - A_2 \cdot \overline{R} \\ LCS = \overline{\overline{X}} + A_2 \cdot \overline{R} \end{cases}$$

$$\text{Gráfico } S \begin{cases} LCI = B_3 \cdot \overline{S} \\ LCS = B_4 \cdot \overline{S} \end{cases} \qquad \text{Gráfico } R \begin{cases} LCI = D_3 \cdot \overline{R} \\ LCS = D_4 \cdot \overline{R} \end{cases}$$

En la Figura 1 de la sección siguiente puede verse uno de estos gráficos en el que se aprecian distintas submuestras fuera de control. La Figura 2 representa la salida para un gráfico tipo S.

Es un error muy frecuente en la industria la confusión entre ambos aspectos de control y, en particular, la creencia de que los gráficos de control clásicos del SPC son los que indican, a partir de las señales de salidas de control, la necesidad de adoptar una decisión de regulación del proceso manejando una variable compensatoria. Una señal de falta de control (si el gráfico se ha construido correctamente) indica la aparición en el proceso de una causa especial que debe ser identificada, pero el proceso, aun hallándose bajo control, puede presentar una variabilidad indeseable que quizás sea posible reducir manejando adecuadamente variables compensatorias mediante el EPC. En definitiva, SPC y RyR no son dos alternativas excluyentes, sino dos enfoques complementarios, y ambos deben ser utilizados, siempre que sea posible, para optimizar el control de un proceso.

3. IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL A UN PROCESO EN UN ASTILLERO

Como ejemplo de aplicación de un control de procesos veremos la implementación de un sistema de control en un astillero dedicado a la construcción de buques, con la intención de controlar una serie de variables de interés. En un primer paso se desarrolló un control estadístico para verificar que el acero cumplía con los requisitos de calidad que fija la correspondiente norma, concretamente se analizó como variable de calidad el límite elástico.

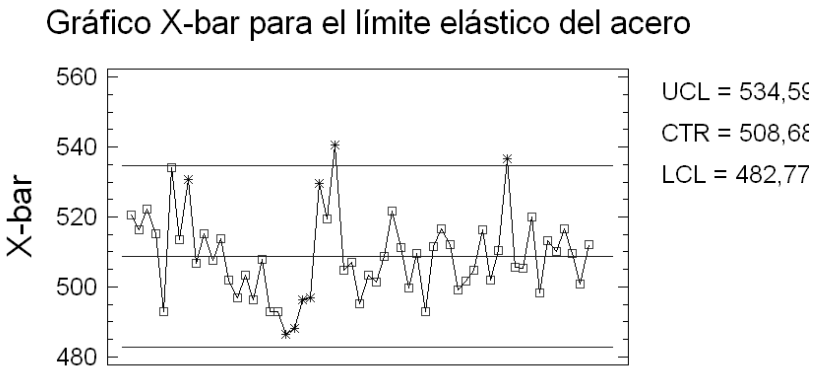


Figura 1: Gráfico de medias para la variable de interés del acero.

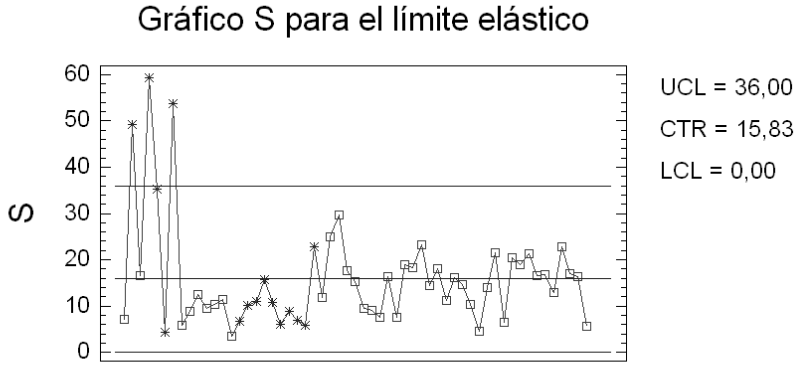


Figura 2: Gráfico S para la variable de interés, límite elástico del acero.

De cara a controlar el proceso no era posible hacer agrupamientos en submuestras, por lo que optamos por considerar muestras de tamaño uno. En este caso, nos vemos obligados al uso de gráficos de medias individuales. Para este tipo de control es necesario hacer un agrupamiento en bloques o por rangos móviles de los datos, en submuestras, para estimar la variabilidad.

Finalmente, hemos utilizado una opción distinta a los gráficos de Shewhart. Esta última propuesta consiste en hacer uso de los gráficos de sumas acumuladas, propuestos por vez primera por Page en 1954, también llamados gráficos CUSUM. A diferencia de los gráficos clásicos, la decisión sobre si el proceso está o no bajo control se toma tras el análisis sistemático de toda, o de la mayor parte, de la serie temporal de medias. El gráfico CUSUM presenta, además, la ventaja de que tiene un ARL (Average Run Length) del orden de la mitad de un gráfico tipo Shewhart. Teniendo en cuenta que el ARL es una buena medida para comparar dos gráficos de control ya que representa la longitud media del número de muestras necesarias hasta encontrar una señal de fuera de control.

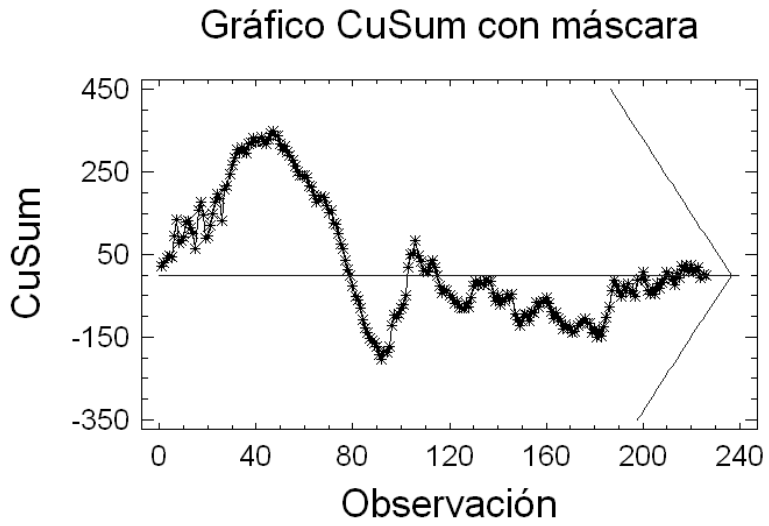


Figura 3: Gráfico CuSum para la variable de interés, límite elástico del acero.

En la Figura 3 se muestra una de estas salidas correspondiente a un gráfico CUSUM para la variable de control del límite elástico para 224 muestras de tamaño 1. Este gráfico, a diferencia del gráfico de medias, representa en el eje X, el número de muestra, y en el eje de ordenadas, representa las sumas parciales de las observaciones menos la media del proceso. En este caso concreto se ha usado un gráfico CUSUM con máscara, que permite detectar la falta de control, siempre que aparezcan puntos fuera de esa máscara o plantilla. Para más detalles sobre la construcción de este gráfico puede acudirse al texto de Montgomery (2005) entre otros.

En cuanto al estudio metrológico hemos seguido para su implementación la norma EN 10080 que indica que la determinación de los niveles de calidad garantizable se llevará a cabo mediante la obtención de los "valores característicos" para las diferentes características de calidad. Dichos valores característicos se calculan a partir de los resultados obtenidos en la totalidad de los ensayos realizados para la población considerada (por ejemplo chapas de acero de construcción naval) durante un determinado periodo de tiempo (por ejemplo, en el último semestre).

Hemos analizado la variabilidad de las piezas tomando 3 medidas diferentes con 5 operarios distintos, calculando los índices de reproducibilidad y repetitividad entre operarios y entre medidas. Estos índices los hemos comparado con los obtenidos mediante la estimación de la capacidad del proceso observando que nos dan valores similares.

4. CONCLUSIONES

Como conclusión a lo anteriormente expuesto podría resaltarse la ventaja que tiene combinar métodos que permiten controlar la variabilidad de los procesos, como es el caso del control estadístico de procesos, con métodos que lo que persiguen es verificar que las mediciones sean correctas como el caso del control de incertidumbre que proponen las técnicas de Metrología.

Además hemos visto que el empleo de los gráficos CUSUM suponen una mejora en el control estadístico por cuanto tienen en cuenta toda la serie de estudio y evitan el problema que de la selección de tamaños de submuestras.

Finalmente, hemos analizado los distintos índices de metrología para controlar las mediciones y los hemos relacionado con los índices de capacidad utilizados en el control estadístico aplicando estos resultados a los procesos de construcción típicos de un astillero.

REFERENCIAS

Black-Nembhard, H y Chen S. (2007). Cuscore Control Charts for Generalized Feedback-control Systems. Quality and Reliability Engineering International, 23, 483–502.

Box G. E. P. y Luceño A. (1997). Statistical Control by Monitoring and Feedback Adjustment. Wiley. New York.

Nembhard H, Changpetch P. (2006). Detected monitoring using cuscore charts for seasonal time series. Quality and Reliability Engineering International. 10,766-786.

Del Castillo E. (2002). Statistical Process Adjustment for Quality Control. Wiley. New York.

Montgomery D. C. (2005). Introduction to Statistical Quality Control (5th edn). Wiley. New York.

Um Sistema 4-D para Acompanhamento e Controle de Projetos de Construção Naval

João F R Guimarães – Escola Politécnica / UFRJ
Floriano C M Pires Jr. – COPPE, Escola Politécnica / UFRJ
Luiz Felipe Assis – Escola Politécnica / UFRJ

Resumo:

Uma questão relevante na construção naval brasileira está ligada à falta de instrumentos adequados de acompanhamento de projetos.

O presente trabalho apresenta um modelo para acompanhamento do projeto de construção de uma balsa fluvial, adequado para obras em estaleiros de pequeno porte, e que incorpora recursos para avaliação de desempenho do projeto e ferramenta para visualização 4-D do produto.

O sistema de acompanhamento envolve a criação de uma WBS adaptada aos sistemas de produção dos estaleiros mais organizados do segmento. A Análise da medição do desempenho é feita com a aplicação da técnica de valor agregado.

No processo são introduzidos elementos de visualização da construção da balsa, previamente modelada em 3-D. Com base na rede de atividades, é feita a associação de imagens dos elementos da balsa com as atividades, que permite visualizar e acompanhar a evolução da construção da balsa ao longo do tempo.

Para o caso de embarcações de baixa complexidade, o sistema mostrou-se bastante adequado como ferramenta de acompanhamento para projetos navais.

1 Introdução

O emprego na construção naval de ferramentas gerais de gerenciamento de projetos, exceto em alguns casos particulares, não tem sido bem sucedido, devido à especificidade e à complexidade das operações. No caso de estaleiros mais avançados, as tecnologias de acompanhamento e controle de construção naval são normalmente inseridas nos sistemas de gestão de operações, que são, em geral, desenvolvidos pelos próprios estaleiros. No caso do Brasil, um problema relevante a se considerar no processo de retomada do desenvolvimento da indústria naval está relacionado com a falta de instrumentos adequados de acompanhamento de projetos.

A construção naval no Brasil passou por um período de rápida expansão ao longo das décadas de 1970 e 1980, chegando a ocupar a posição de segundo produtor mundial em 1979. Entretanto, devido a vários motivos, a partir da segunda metade da década de 1980, o setor entrou em uma profunda crise. Muitos dos principais estaleiros

brasileiros reduziram drasticamente as suas atividades, chegando a total paralisação em alguns casos (Pires Jr. (1999)). Somente na segunda metade da presente década, os estaleiros brasileiros retomaram a construção de navios mercantes de grande porte. Durante o período de crise, os estaleiros domésticos apresentaram problemas de performance no desenvolvimento dos projetos de construção, gerando atrasos, aumento de custos e, em casos mais críticos, a não conclusão das obras.

Nesse período de retomada da atividade da construção naval, o risco de performance do estaleiro pode ser minimizado com a o emprego de boas práticas de acompanhamento e controle das obras.

A prática atual na construção naval brasileira envolve a utilização de uma estrutura de orçamentação padrão, denominada OS-5 (Ordem de Serviço nº 5). Essa estrutura é utilizada para apresentação de projetos de construção naval candidatos a financiamento através do sistema Fundo da Marinha Mercante (FMM).

Com base nessa estrutura foi desenvolvido o Quadro de Usos e Fontes – QUF que estabelece a distribuição no tempo da necessidade de recursos financeiros. A Estrutura Analítica do Projeto – EAP, que estabelece a curva de agregação de valor ao empreendimento é hoje um documento obrigatório para início da liberação dos recursos para a obra. Com base nesses documentos são realizadas as análises do preço de venda da embarcação e do fluxo de desembolsos para a execução da obra pelo FMM e pelo agente financeiro. A EAP é um instrumento de verificação da programação e do acompanhamento físico-financeiro da obra.

Na EAP, atribui-se um percentual relativo ao peso de cada item de material direto descrito na OS-5, e com base nos percentuais estabelecidos no QUF, são calculados os pesos relativos de cada item do projeto durante o período de execução da obra. O acompanhamento da obra pelos órgãos financiadores do sistema FMM e por armadores, no caso de alguns estaleiros, é realizado através da comparação dos indicadores de evolução da obra com os valores estabelecidos na EAP. É importante observar que alguns armadores, montam grandes equipes para acompanhamento da obra, fazendo o controle do desempenho do projeto com base na EAP. Outros armadores, por outro lado, não estão estruturados para realizar um acompanhamento mais denso das obras contratadas.

Entretanto, o que se pode observar, é a falta de ferramentas adequadas às especificidades da construção naval no Brasil, compatível com os sistemas de produção

empregados nos estaleiros nacionais e com o modelo de orçamento exigido para financiamento pelo FMM.

A COPPE/UFRJ em parceria com a Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG) e a classificadora Registro Brasileiro de Navios e Aeronaves (RBNA), está desenvolvendo uma ferramenta poderosa, envolvendo controle financeiro, físico, análise e monitoramento do risco, visualização avançada (4D): SAP-RISCO.

Uma alternativa mais simples, para situações onde seja suficiente ou só seja possível usar ferramentas mais simples, é apresentada no presente trabalho.

Para implementação do sistema de acompanhamento é criada uma WBS (*Work Breakdown Structure*) compatível com os sistemas de produção tipicamente empregados pelos estaleiros brasileiros de menor porte, dedicados à construção de balsas fluviais. Também é estabelecida a rede de precedência das atividades do projeto de construção.

A análise da medição do desempenho é feita com a aplicação da técnica do valor agregado – EVM – Earned Value Management. A cada atualização do projeto são gerados índices que retratam o andamento da construção, tornando possível a identificação de variações que resultam em mudanças no cronograma e no orçamento.

No processo são introduzidos elementos de visualização da construção da balsa, que se encontra modelada em 3D. Com base na rede de atividades, é feita a associação de imagens dos elementos da balsa com as atividades. Assim é possível visualizar e acompanhar a construção da balsa em 4D, isto é, acompanhar a evolução da construção da balsa ao longo do tempo.

No trabalho foi empregado os *softwares* de acompanhamento de projetos Primavera® e Synchro®. Este último incorpora ferramentas de visualização para acompanhamento 4D.

O sistema mostrou-se eficaz como instrumento de acompanhamento para projetos de construção de embarcações de baixo grau de complexidade. Conforme foi mencionado anteriormente, para projetos complexos, é necessário o emprego de sistemas mais sofisticados, como o sistema SAP-RISCO.

2 O Projeto de Construção de uma Balsa Fluvial

Este projeto consiste no planejamento e no acompanhamento da construção de uma balsa fluvial para transporte de derivados de petróleo em estaleiro regional no

Brasil. O planejamento e acompanhamento serão feitos através do *software* Primavera®, contando também com os recursos de visualização 4Ddo Synchro®.

As características da balsa que foi utilizada no projeto encontram-se na Tabela 1. A Figura 1 apresenta a imagem da balsa, que foi modelada em 3D na plataforma FORAN.

Tabela 1 – Características da Balsa Tanque

Especificações	**Dimensões**
Capacidade	1.500 m^3
Comprimento	60 m
Pontal	2,65 m
calado	1,87 m
Deslocamento	1.232 t.
Peso de Aço	235 t.

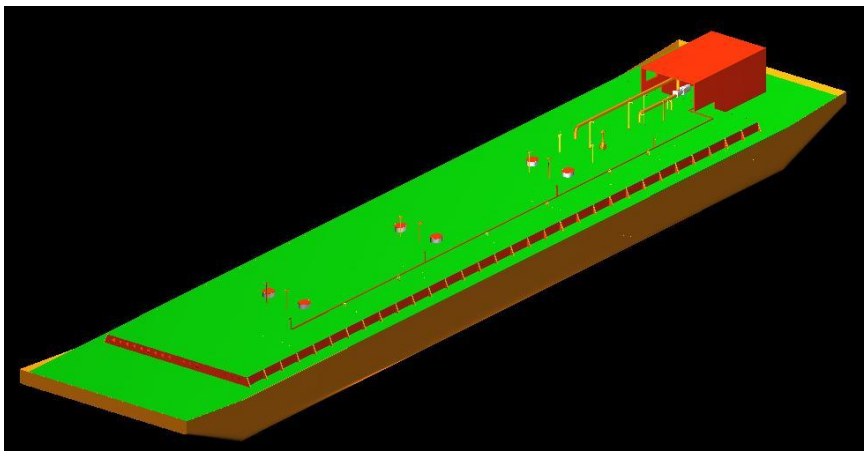


Figura 1 – Imagem 3D da Balsa

Para efeito da análise a ser conduzida, será considerado o processo construtivo muito comum em estaleiros regionais,dedicados a esse tipo de construção, em que painéis são montados e colocados diretamente na área de edificação. Não há uma montagem prévia de blocos. A seqüência é estabelecida de forma a se realizar a edificação da embarcação por camadas.

Como se trata de uma embarcação simples, onde a quase totalidade das atividades de construção estão ligadas à fabricação e construção da estrutura de aço da balsa, o presente trabalho busca avaliar o emprego de um sistema de acompanhamento com recursos 4D utilizando o Primavera® e o Synchro®.

Para realização da análise, foi criada uma Estrutura Analítica de Projeto ou, como é usualmente conhecida WBS (*Work Breakdown Structure*), compatível com os sistemas de produção tipicamente empregados pelos estaleiros brasileiros mais

organizados deste segmento. Também é estabelecida a rede de precedência das atividades do projeto de construção.

A Figura 2 apresenta a estrutura da WBS do projeto em questão elaborada no Primavera®. O segundo nível da WBS é composto por quatro disciplinas: Procurement (recebimento de materiais acompanhados), Fabricação (fabricação de peças de aço), Montagem (montagem de peças formando painéis) e Edificação (edificação do casco a partir dos painéis).

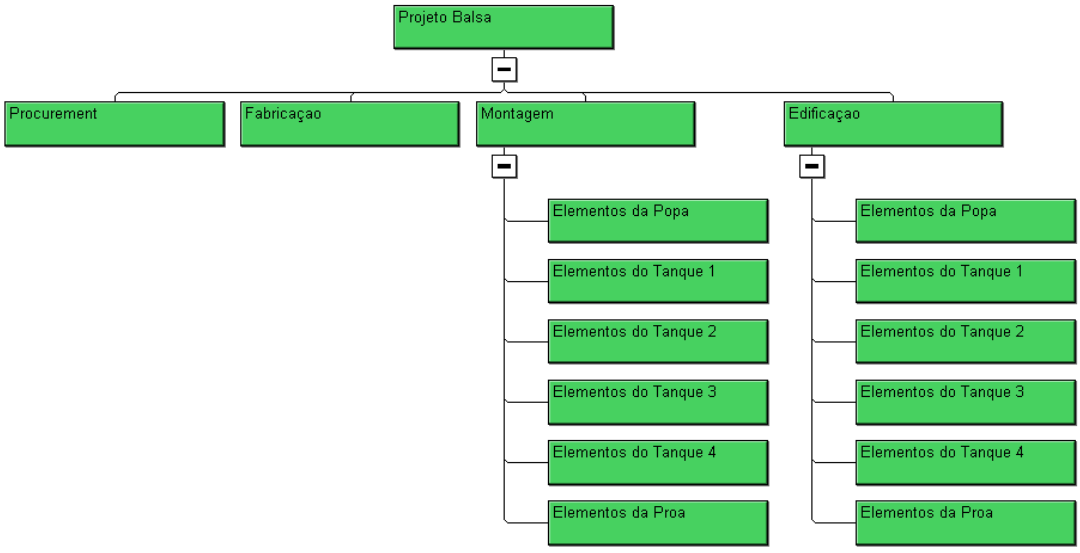


Figura 2 – WBS do Projeto de Construção da Balsa

A rede de precedência também foi implementada no Primavera®, conforme é apresentado na Figura 3.

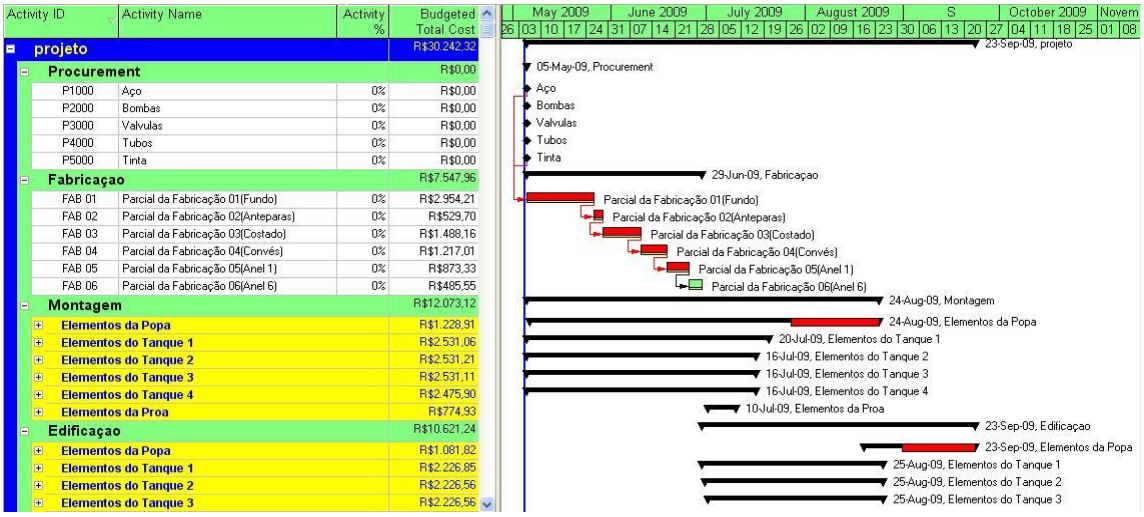


Figura 3 – Rede de Precedência com Gráfico de Gantt no Primavera

No modelo serão acompanhados dois recursos: a mão de obra (HH) e o aço. Esses dois recursos foram agrupados da seguinte forma: Aço Fabricação, HH

Fabricação, Aço Montagem, HH Montagem, Aço Edificação e HH Edificação. Os recursos serão utilizados na avaliação da performance do projeto.

Para a agregação do aço utilizado nas diferentes etapas da obra, foram definidos percentuais para cada oficina da seguinte forma: fabricação (20%), Montagem (30%) e edificação (50%). Após a conclusão de cada etapa, o valor do recurso é agregado ao valor total do projeto com base neste percentual.

O consumo total de mão-de-obra para construção de uma balsa tanque foi estimado em 30.000 HH. O consumo de HH pelas atividades previstas no projeto foi estabelecido pelo Primavera® com base em percentuais fixados para as diferentes oficinas e na ponderação pelo peso de aço do produto associado à atividade.

3 Análise de Desempenho Empregando Valor Agregado

O EVM (*Earned Value Management*) é uma medida de andamento do projeto que avalia cronograma, custos e escopo do projeto de forma integrada e os compara com o trabalho concluído. Possibilita a gestão de *performance* para integração do gerenciamento de escopo, do tempo e do custo do projeto (PMI (2008)). O emprego do EVM no gerenciamento de projetos auxilia o gerenciamento e o controle nos seguintes aspectos:

- Permite um planejamento completo, integrando escopo, tempo e custo;
- Facilita o a definição e acompanhamento da *baseline* do projeto;
- Facilita a comparação da evolução planejada para o projeto com o trabalho realizado;
- Implementação de ações de gerenciamento voltadas para mitigação de riscos do projeto.

Na análise de EVM são empregados vários indicadores, que permitem o monitoramento dos valores planejado e agregado e os custos reais gastos na produção de trabalho. Esses indicadores são fornecidos diretamente pelo Primavera®. O presente trabalho utiliza os seguintes indicadores:

- SPI (*Schedule Performance Index*): razão entre o valor agregado e o valor planejado; representa a taxa com que o valor previsto se converte em valor agregado.
- CV (*Cost Variance*): corresponde à diferença entre o valor agregado para um determinado nível de conclusão do projeto e o custo real.

- CPI (*Cost Performance Index*): razão entre o valor agregado e o custo atual; representa a conversão entre os valores reais consumidos pelo projeto e os valores agregados no mesmo período.
- SV (*Schedule Variance*): corresponde à diferença entre o valor agregado e o valor planejado.

Os indicadores SPI e CPI são usados basicamente para calcular eficiência de desempenho, relacionados com cronograma e custo, respectivamente. Analisando-se os resultados desses dois indicadores, pode-se identificar diferentes níveis de risco associados a problemas com custo e cronograma.

- Risco baixo: quando tanto o CPI quanto o SPI têm valores iguais ou maiores que 1, o que significa que o projeto está com um desempenho melhor que o planejado.
- Risco moderado: quando temos um valor positivo e outro negativo. Essa situação pode, de certa forma, ser considerada normal. Pois se há um desempenho fraco no SPI, por exemplo, é natural que o CPI tenha um desempenho bom. Ou seja, se o projeto apresenta um atraso em relação à linha de base, pode-se considerar normal que, em contrapartida, o custo seja menor que o inicialmente planejado.
- Risco elevado: quando nenhum dos dois indicadores possui valor maior que 1. Essa situação é considerada muito grave, pois indica que nem o planejado de custos nem de cronograma está sendo alcançado. Neste caso, devem ser implantadas medidas corretivas.

A Figura 4 apresenta a matriz de riscos para o desempenho de custo e cronograma do projeto.

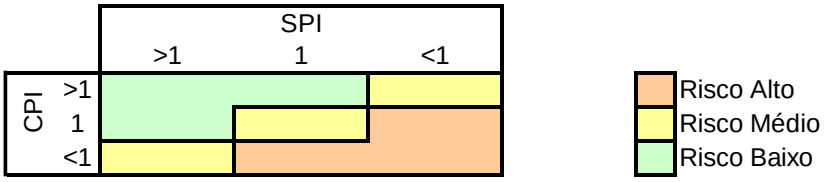


Figura 4 - Matriz de riscos de desempenho do projeto

Com base na WBS, cronograma e consumo de recursos (custo) fixou-se a linha de base do projeto (*baseline-BL Project Total*). Em seguida, foram simuladas diferentes situações de progresso do projeto.

- Exemplos de Situações de Progresso

Foram consideradas três situações diferentes de progresso: (i) projeto progredindo conforme planejado, (ii) projeto com desempenho superior ao planejado e, finalmente, (iii) projeto com desempenho inferior ao planejado.

Inicialmente analisou-se a situação (i), em que a evolução do projeto ocorre conforme planejado. A Figura 5 apresenta o gráfico de análise do valor agregado gerado pelo Primavera®, composto pelas seguintes curvas: valor agregado (*earned value*), valor planejado (*baseline project total*), estimativa para terminar (*remaining total*), custo real (*actual total*) e estimativa no término (*budget total*) No caso em questão, considerando-se um avanço de 50% do tempo previsto para o projeto, pode-se perceber que a curva de valor agregado acompanha o custo planejado, isto é, a *baseline* do projeto. Os indicadores de performance de custo (CPI) e cronograma (SPI) apresentam valor igual a 1.

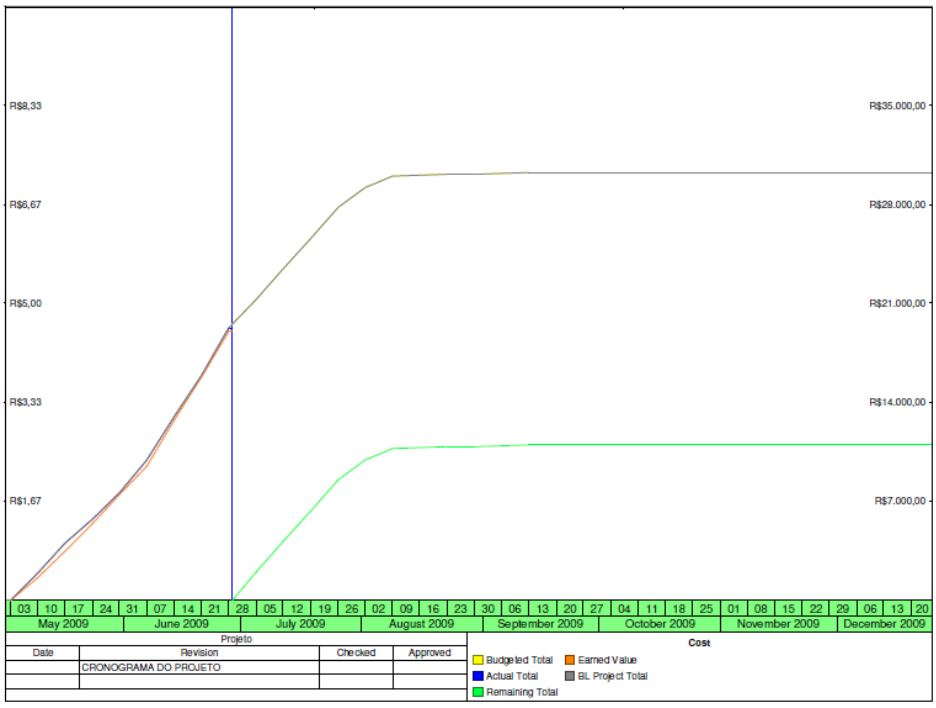


Figura 5 – Valor Agregado – Projeto com Progresso Conforme Previsto na *Baseline*

Na situação (ii), o projeto apresenta um desempenho superior ao planejado. Nesse caso, introduziu-se um aumento de produtividade na oficina de montagem. Com isso, a duração das atividades diminui e o projeto sofre um adiantamento. No exemplo, o custo real não é alterado.

Em uma primeira atualização, o projeto evoluiu conforme o previsto (Figura 6) e os indicadores SPI e CPI do projeto apresentaram valores igual a 1. Após a primeira parcial, foi introduzido o aumento de produtividade. Assim, na segunda parcial, pode-se

observar o adiantamento do projeto. Os resultados da segunda parcial para análise de valor agregado são apresentados na Figura 7 e no Quadro 1 gerados pelo Primavera®.

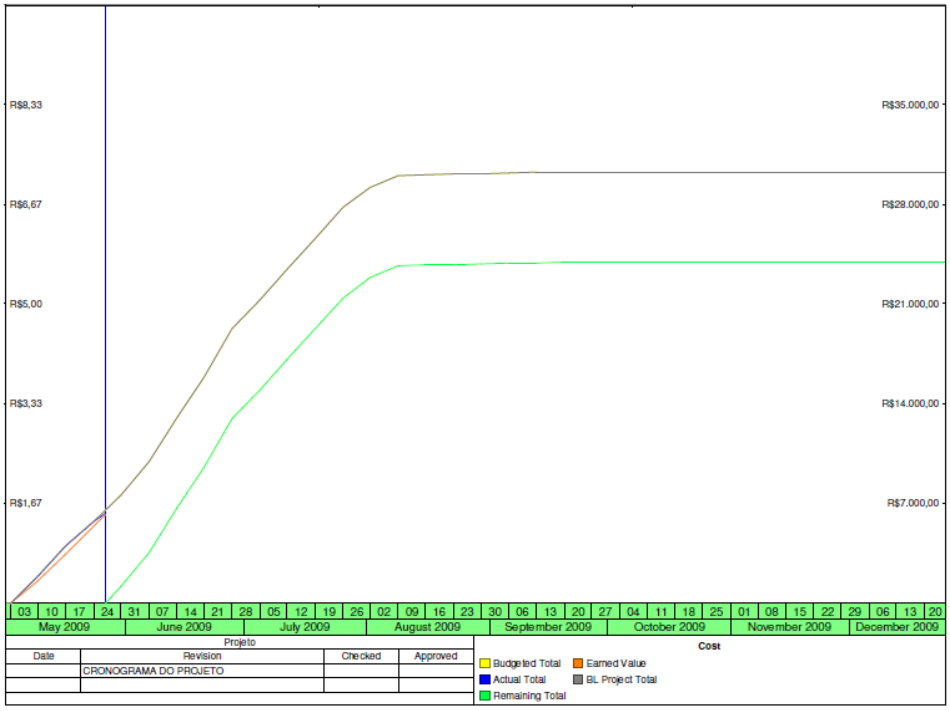


Figura 6 – Valor Agregado - Primeira Parcial do Projeto Adiantado

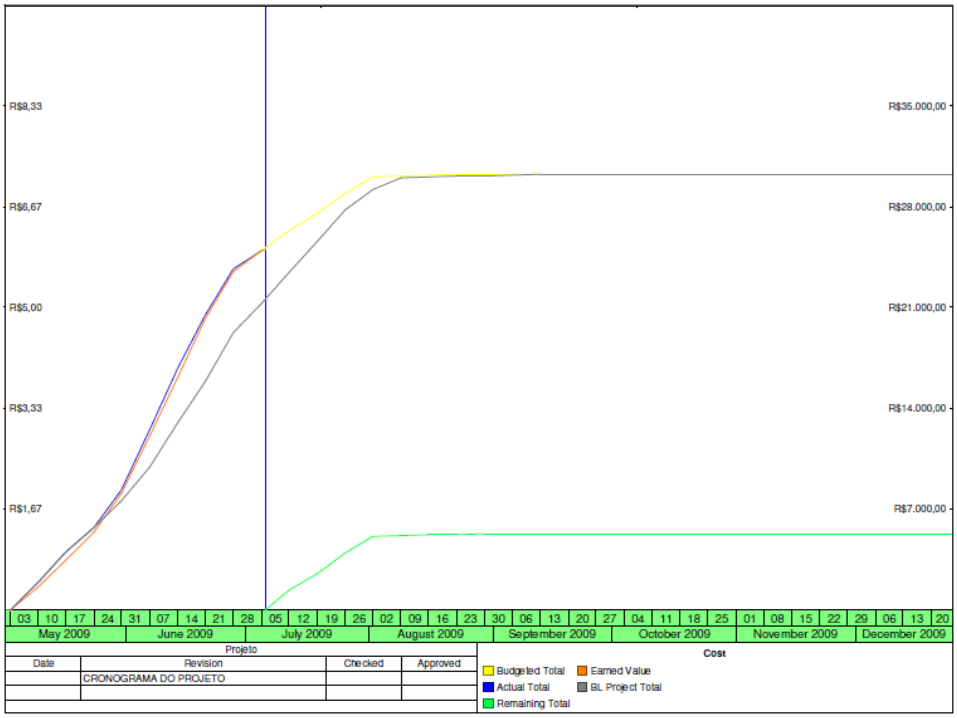


Figura 7 - Valor Agregado - Segunda Parcial do Projeto Adiantado

Activity ID	Original Duration	BL Project Duration	Budgeted Total Cost	BL Project Total Cost	Earned Value Cost	Actual Total Cost	Remaining Total Cost	CPI	Cost Variance	SPI	Schedule Variance
Projeto Balsa	81d	96d	R$30.242,32	R$30.242,32	R$24.960,08	R$24.964,29	R$5.278,03	1,00	(R$4,20)	1,17	R$3.663,13
Procurement	0d	0d	R$0,00	R$0,00	R$0,00	R$0,00	R$0,00	0,00	R$0,00	0,00	R$0,00
Fabricaçao	40d	40d	R$7.547,96	R$7.547,96	R$7.547,96	R$7.547,96	R$0,00	1,00	R$0,00	1,00	R$0,00
Montagem	59d	79d	R$12.073,12	R$12.073,12	R$11.955,11	R$11.955,85	R$117,27	1,00	(R$0,74)	1,32	R$2.909,15
Edificaçao	62d	72d	R$10.621,24	R$10.621,24	R$5.457,01	R$5.460,48	R$5.160,76	1,00	(R$3,47)	1,16	R$753,98

Quadro 1 –Valor Agregado - Segunda Parcial do Projeto Adiantado

Pode-se observar que após o segundo avanço do projeto, houve um adiantamento do cronograma. O indicador de performance do cronograma (SPI) apresenta um valor maior do um: 1,17. As atividades ligadas à montagem e à edificação, que foram influenciadas pela melhoria de produtividade apresentam SPI igual a 1,32 e 1,16, respectivamente. Observa-se que as atividades de *procurement* não apresentam recursos vinculados às mesmas e, portanto, apresentam um SPI igual a zero.

Finalmente na situação (iii), o projeto inicialmente apresenta progresso de acordo com o planejado, conforme pode ser observado nos indicadores do Quadro 2, referente à primeira parcial. Posteriormente, observa-se um atraso na evolução em função da introdução de uma queda de produtividade na montagem. Conforme o esperado, ao se diminuir a produtividade, a duração aumenta e o SPI do projeto é menor do que um, indicando atraso no cronograma (Figura 8 e Quadro 3).

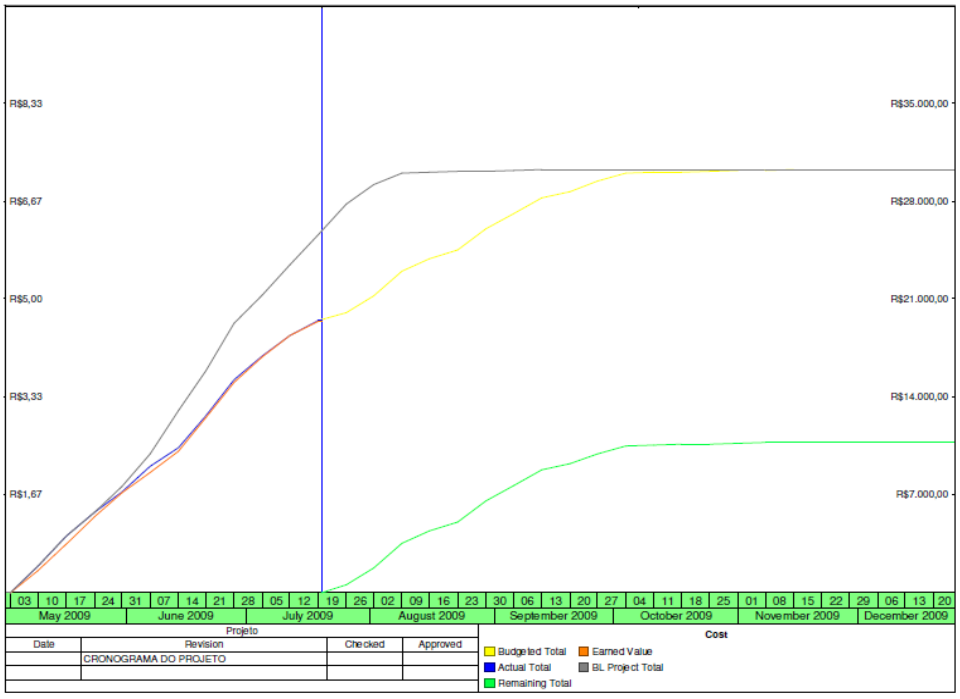


Figura 8 - Valor Agregado - Segunda Parcial do Projeto Atrasado

Activity ID	Original Duration	BL Project Duration	Budgeted Total Cost	BL Project Total Cost	Earned Value Cost	Actual Total Cost	Remaining Total Cost	CPI	Cost Variance	SPI	Schedule Variance
Projeto Balsa	96d	96d	R$30.242,32	R$30.242,32	R$6.228,25	R$6.336,51	R$23.905,80	0,98	(R$108,26)	0,98	(R$107,73)
Procurement	0d	0d	R$0,00	R$0,00	R$0,00	R$0,00	R$0,00	0,00	R$0,00	0,00	R$0,00
Fabricaçao	40d	40d	R$7.547,96	R$7.547,96	R$3.024,73	R$3.049,40	R$4.498,56	0,99	(R$24,66)	0,99	(R$24,14)
Montagem	79d	79d	R$12.073,12	R$12.073,12	R$3.203,52	R$3.287,11	R$8.786,00	0,97	(R$83,60)	0,97	(R$83,60)
Edificaçao	72d	72d	R$10.621,24	R$10.621,24	R$0,00	R$0,00	R$10.621,24	0,00	R$0,00	0,00	R$0,00

Quadro 2 - Valor Agregado - Primeira Parcial do Projeto Atrasado

Activity ID	Original Duration	BL Project Duration	Budgeted Total Cost	BL Project Total Cost	Earned Value Cost	Actual Total Cost	Remaining Total Cost	CPI	Cost Variance	SPI	Schedule Variance
Projeto Balsa	139d	96d	R$30.242,32	R$30.242,32	R$19.409,58	R$19.482,34	R$10.759,98	1,00	(R$72,75)	0,76	(R$6.186,16)
Procurement	0d	0d	R$0,00	R$0,00	R$0,00	R$0,00	R$0,00	0,00	R$0,00	0,00	R$0,00
Fabricaçao	40d	40d	R$7.547,96	R$7.547,96	R$7.547,96	R$7.547,96	R$0,00	1,00	R$0,00	1,00	R$0,00
Montagem	122d	79d	R$12.073,12	R$12.073,12	R$7.072,39	R$7.145,14	R$4.927,98	0,99	(R$72,75)	0,64	(R$3.899,09)
Edificaçao	109d	72d	R$10.621,24	R$10.621,24	R$4.789,24	R$4.789,24	R$5.832,00	1,00	R$0,00	0,68	(R$2.287,08)

Quadro 3 - Valor Agregado - Segunda Parcial do Projeto Atrasado

O gerenciamento das variações inclui os processos de gerenciamento das variações de custo e cronograma e as respostas adequadas com base no impacto e no nível da variação.

Alternativas para reduzir o tempo do projeto, em geral, proporcionam um incremento nos custos do projeto. Por isso, o problema deve ser detectado o quanto antes, para que as medidas possam ser tomadas rapidamente, e que os impactos no projeto possam ser minimizados.

No caso analisado, procedeu-se uma projeção tendo em vista o atraso no cronograma previsto. Para efeito da projeção, considerou-se um aumento de HH nas atividades de montagem a partir da data em que foi realizada a segunda atualização do projeto. A Figura 8, apresentada anteriormente, mostra os resultados do EVM sem considerar medidas para correção do cronograma e a Figura 9 com a adoção de medidas. Observa-se que com a adoção de medida para compensar o atraso no cronograma, ocorre uma redução no mesmo. Por outro lado, a estimativa de custo no término sofre um acréscimo. A Tabela 2 apresenta a comparação considerando-se: a *baseline*, o progresso do projeto sem medidas e com medidas para compensar a variação no cronograma.

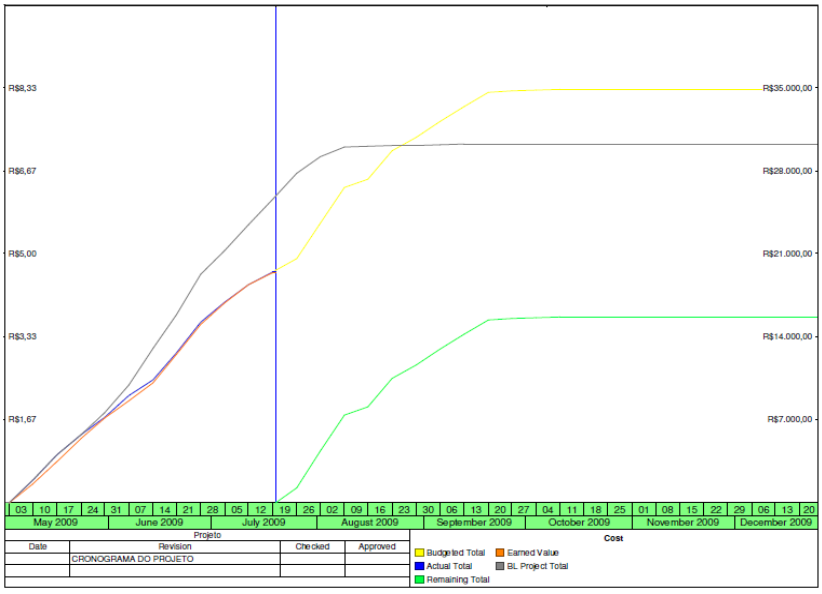


Figura 9 - Valor Agregado – Projeção do Projeto Atrasado com Aumento de HH

Tabela 2 – Projeção do Projeto Atrasado

	Baseline	**Antes da Alteração**	**Após a Alteração**	**Resultados da Alteração**
Duração	96 dias	139 dias	117 dias	22 dias
Custo Total	30.242,32	30.242,32	34.860,51	- 4.618,19
Data de Entrega	17-set-2009	16-nov-2009	14-out-2009	---

4 A Visualização 4-D

Os modelos de planejamento com visualização 4-D permitem verificar o andamento da obra em um programa de visualização gráfica associado a uma rede de precedência. Os modelos 4-D são criados basicamente fazendo-se a ligação dos elementos da maquete 3D da obra com as atividades previstas na rede de precedência do projeto. Os modelos de planejamento 4-D fornecem ao usuário uma visão clara e objetiva da seqüência de atividades do projeto inclusive para os *stakeholders* associados ao projeto (Jongeling e Olofsson, 2006). A interpretação de complexas redes de precedência em projetos, que envolvem inúmeras atividades, pode ser bastante facilitada com a utilização de elementos visuais, no caso da própria obra que está sendo executada associada a sua evolução, real e prevista, ao longo do tempo (Chau et all (2005)).

As principais aplicações do planejamento 4D têm sido observadas na construção civil, na construção de obras de infra-estrutura e edificações conforme pode ser visto em Jongeling e Olofsson (2006), Koo et all (2000) e Liapi (2003). Todavia, no segmento de construção naval, esse tipo de ferramenta pode ser particularmente útil, principalmente levando-se em conta a necessidade de acompanhamento da obra por parte do armador e do agente financeiro.

Conforme é apresentado nesse trabalho, o acompanhamento com visualização 4D podem ser implementados com relativa facilidade no caso de produtos simples como balsas fluviais, onde o número de atividades é relativamente pequeno (o projeto de construção da balsa fluvial envolveu cerca de 800 atividades) e permite fácil identificação da evolução da obra por parte dos *stakeholders*.

No presente trabalho utilizou-se o programa Synchro®, ferramenta que torna viável a apresentação de desenhos em 3D/4D, através de integração entre o planejamento executado no Primavera e os projetos executados em programas CAD 3D, de forma que o projeto possa ser visualizado em tempo real na sua seqüência de execução em múltiplas dimensões.

O projeto da balsa desenvolvido no Primavera® foi exportado para Synchro® e, em seguida associados os recursos de visualização disponíveis nessa plataforma.

Alterações conduzidas no Primavera® são atualizadas, ou melhor, sincronizadas pelo Synchro®.

O modelo 3D da balsa utilizado no trabalho (disponibilizado pelo LABSEN da COPPE/UFRJ) foi elaborado na plataforma FORAN e exportado no formato IGES para o Synchro®. Cada um dos elementos da balsa foi agrupado de acordo com a necessidade do projeto e associado a um respectivo recurso. A Figura 10 apresenta a tela do Synchro®, que exibe vários elementos associados para formar um painel, que por sua vez foi relacionado a um recurso.

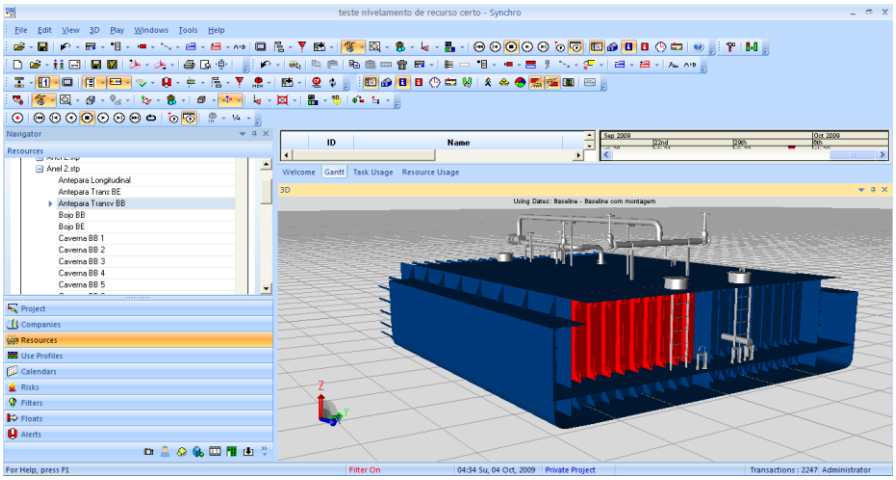
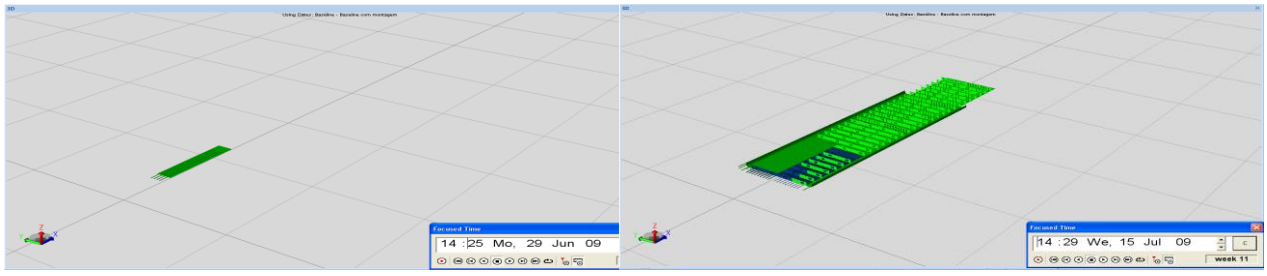


Figura 10 – Agrupamento de Elementos Estruturais Formando um Painel Associado a um Recurso

A Visualização 4D mostrou-se muito útil na verificação da seqüência das atividades de construção da balsa. A Figura 11 apresenta a simulação da seqüência de edificação da balsa fluvial considerando-se a *baseline*.

A vantagem da utilização de recursos visuais para o acompanhamento da performance da obra pode ser observada na Figura 12, que apresenta uma comparação do estágio da edificação do casco considerando-se o progresso realizado (imagem da esquerda) e o previsto na *baseline* (imagem da direita). Pode-se verificar de forma clara o atraso na obra.



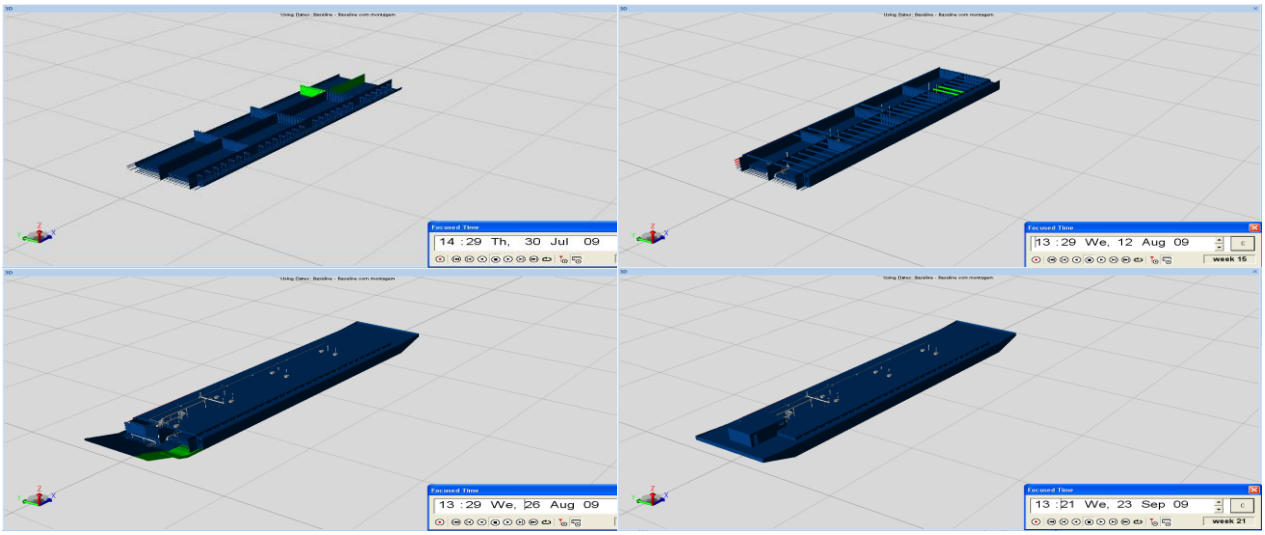


Figura 11 – Seqüência de Edificação da Balsa no Synchro

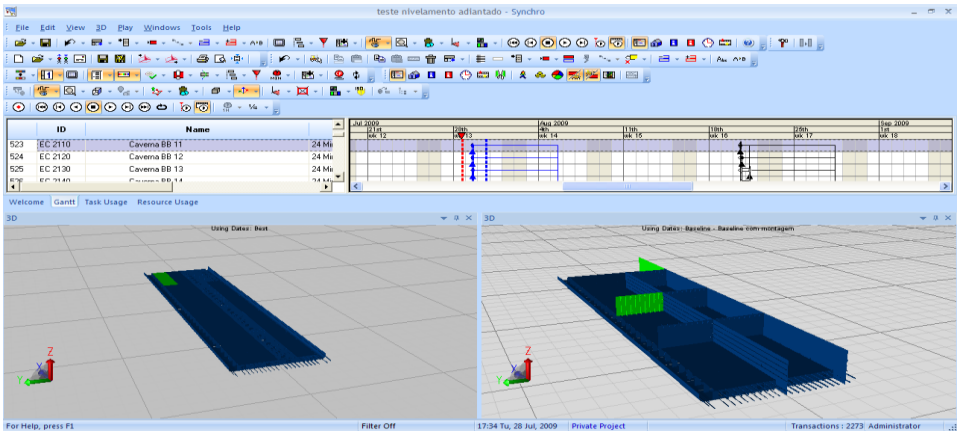


Figura 12 – Comparação do Progresso da Obra com a Baseline

5 Conclusões

O presente trabalho apontou a importância de sistemas de acompanhamento de projetos na construção naval. No caso do Brasil, o risco de performance do estaleiro pode ser minimizado com o emprego de boas práticas de acompanhamento e controle de projetos. Por outro lado, o que se pode observar, é a falta de ferramentas adequadas compatíveis com as especificidades e práticas da construção naval no Brasil.

O trabalho apresentou uma alternativa simples, envolvendo sistema de acompanhamento 4D, que poderia ser empregado no acompanhamento de obras de embarcações mais simples, tais como balsas fluviais em estaleiros regionais.

Na implementação do modelo para acompanhamento da obra de construção de uma balsa tanque, foi desenvolvida uma WBS compatível com os sistemas de produção tipicamente empregados pelos estaleiros brasileiros de menor porte.

Com base no modelo de acompanhamento foram simuladas diferentes situações de progresso, que foram analisadas utilizando-se os indicadores de performance do

EVM. Também foram explorados os recursos de projeções para avaliar impactos de medidas para compensar variações de prazo e custo.

O uso dos recursos de visualização 4D foram úteis na análise da seqüência das atividades previstas, bem como, na identificação clara e objetiva de problemas relacionados com o progresso da obra.

O modelo mostrou-se eficaz como instrumento de acompanhamento para projetos de construção de embarcações de baixo grau de complexidade.

6 Referências

Chau, K.W.; Anson, M e Zhang, J.P, 2004. *Four-Dimensional Visualization of Construction Scheduling and Site Utilization.* Journal of Construction Engineering and Management, July/August 2004; 598-605.

Chau, K.W.; Anson, M e Zhang, J.P, 2005. *4D Dynamic Construction Management and Visualization Software: 1. Development*. Automation in Construction, Vol 14, No 4 (2005) 512-524.

Jongeling, R. e Olofsson, T., 2007. *A Method for Planning of Work-Flow by Combined use of Location-Based Scheduling and 4D CAD*. Automation in Construction, 16 (2007) 189-198.

Koo, B., 2000. *Feasibility Study of 4D CAD in Commercial Construction.* Journal of Construction Engineering and Management, July/August 2000; 251-260.

Liapi, K.A., 2003. 4D *Visualization of Highway Construction Projects*. Proceedings of the Seventh International Conference on Information Visualization.

Pires Jr., F.C.M., 1999. *An assessment of the Brazilian shipbuilding industry competitive potential*. Journal of Ship Production, 15 (2); 114-125.

PMI. 2008. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide*). Project Management Institute.

Algoritmo para la preparación y mantenimiento de la condición de fondeo en yates

Carral Couce Luis – Universidade da Coruña
Fraguela Formoso, José Ángel- Universidade da Coruña
González Filgueira, Gerardo- Universidade da Coruña
Rodríguez Guerreiro, María Jesús- Universidade da Coruña
Rivera Domínguez, Mario- Universidade da Coruña
Carral Couce, Juan Carlos- Carral Marine Technology

XXI CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERÍA NAVAL- COPINAVAL

MONTEVIDEO. octubre 2009

Algoritmo para la preparación y mantenimiento de la condición de fondeo en yates

indice

1 . Resumen
2. El tren de fondeo
3. Fuerzas intervinientes en el fondeo
4. El ancla
5. Comportamiento estático
5.1 Línea de fondeo homogénea
5.2 Línea de fondeo mixta
6. Comportamiento dinámico
7. Conclusiones
8. Bibliografía

1. Resumen

En la marina mercante la maniobra de fondeo, así como la permanencia en el fondeadero, constituye una etapa en la fase de navegación marítima, que en los momentos de espera; debido a la congestión de la instalación portuaria, suele anteceder a la fase de detención en puerto. Se trata pues, de mantener al buque inmovilizado durante un tiempo de espera que se intenta que sea mínimo. Por todo ello cobra una importancia menor frente a la fase de navegación.

El uso recreativo del mar determina la utilización de la embarcación, en navegación y detenida, para la realización de multitud de actividades. Es por ello que la embarcación permanece en esta condición de fondeo un tiempo importante sobre el total de su tiempo de utilización.

La condición de fondeo constituye una fuente de preocupaciones para la tripulación de las embarcaciones de recreo, esto se debe a varios factores: tripulaciones reducidas, falta de profesionalidad o inexperiencia de los tripulantes, cansancio tras una navegación larga, desconocimiento de la zona, o simplemente falta de atención durante la maniobra o la permanencia ya que el objetivo de la actividad es el recreo de los participantes. Esta preocupación aumenta cuando se decide fondear en una cala o abrigo para descansar o pasar la noche, incrementándose el riesgo si las condiciones meteorológicas cambian durante este período de tiempo.

El trabajo propone la formulación para determinar las solicitaciones límite (efecto del mar y la corriente), a las que se podrá someter una embarcación fondeada. Para ello se proponen los algoritmos adecuados para determinar: el poder de agarre de distintos tipos de anclas, el efecto que sobre éste produce el levantamiento de la caña, finalmente la longitud de cadena a largar para cada solicitación existente. De este modo se podrá, para una condición de fondeo dada, establecer el límite de la condición hasta la aparición del indeseable fenómeno del "garreo" (pérdida de agarre del ancla)

The merchant marine anchoring maneuver and stay in the anchorage, is a step in the process of shipping, which in times of waiting due to congestion of the port facility, often precede the stage of arrest in port. It is therefore to keep the vessel during a timeout after which attempts to be minimal. Therefore charges against a minor at the time of shipping.
Recreational use of the sea determined the use of the boat, and stopped en route to perform a multitude of activities. That is why the boat remains in this condition is an important part of its total usage time.
The anchoring condition is a source of concern for the crew of the pleasure craft, this is due to several factors: small crews, inexperience or lack of professionalism of the crew, tired after a long navigation, ignorance of the area, or simply lack of attention during the maneuver, or remaining as the focus of activity is the recreation of the participants. This concern is especially pronounced when it is decided to anchor in a cove and shelter to rest or spend the night, making it particularly dangerous if the weather conditions change during this time period.
The paper proposes the formulation of appropriate threshold to determine the stresses (the sea and flow), which will bring an anchored boat. This proposed algorithms suitable for determining the power grip of different types of anchors, the effect of angulation (lifting the ro) and finally the rode length for each given request. This will, for a given anchor, set the limit of the condition until the undesirable phenomenon of "garreo" (loss of grip of the anchor)

2. El tren de fondeo

Estará compuesta por un conjunto de elementos tendentes a “mantener temporalmente la embarcación fija a un punto del fondo marino”.

La función anterior se deberá desarrollar cumpliendo los dos requisitos siguientes:

- El fondeo perfecto será aquel que mantiene la condición con independencia de la predicción de mar y viento existente, resistiendo los correspondientes esfuerzos derivados de la condición sin sufrir daños (dentro de la carga máxima de trabajo establecida en el diseño)
- El desarrollo de la maniobra de fondeo así como el peso de ésta, deberá permitir la realización de la operación con sencillez.

Los componentes de la maniobra de fondeo serán los indicados:

1. *Ancla*
2. *Giratorio que une el ancla con la línea de fondeo*
3. *Línea de fondeo homogénea (cabo ó cadena) o heterogénea (cabo y cadena)*
4. *Roldana de fondeo*
5. *Estopor o boza*
6. *Molinete*

De la lista anterior únicamente el ancla y la línea de fondeo, así como la unión entre ambos; el giratorio, pueden ser escogidos por el navegante, correspondiendo al astillero la elección del resto de componentes indicados.

Para la elección del ancla y la composición de la línea de fondeo, deberemos tener en cuenta diversos aspectos:

ANCLA, su función será la de mantener fija la posición de fondeo mediante su enterramiento en el fondo marino, para ello deberán cumplirse los requisitos siguientes:

- Ancla correctamente asentado en el fondo
- La línea de fondeo deberá tirar del ancla en la dirección adecuada

LINEA DE FONDEO, la función de ella será la de unir el ancla con la embarcación. Pero el cumplimiento de esta función se realizará de modo que:

- La línea de fondeo deberá traccionar el ancla en la dirección que éste presente el máximo poder de agarre.
- La línea de fondeo deberá ser fácil de estibar a bordo, facilitando las labores de largado y cobrado.
- Deberá actuar amortiguando los esfuerzos repentinos, debidos al viento y las olas, sobre el ancla y la embarcación.

En relación con la elección de la cadena, cabo y accesorios (giratorio y grillete de unión) que componen la línea de fondeo deberemos considerar la carga de trabajo (C.T.) y la carga de rotura (C.R.) de la cadena, y a partir de éstos, determinar el resto de los componentes. Siempre sus valores particulares de C.T. y C.R. estarán por encima de los de la cadena.

3. Fuerzas intervinientes en el fondeo

La determinación del tren de fondeo (conjunto de ancla y línea de fondeo), vendrá dada de la consideración del conjunto de fuerzas intervinientes en la operación. Las debidas a la acción del **viento** y del **mar** sobre la embarcación, y la interacción del ancla con el **fondo** marino. Finalmente los **movimientos del barco** debidos a la acción de las fuerzas aero e hidrodinámicas determinarán la presencia de las correspondientes fuerzas de inercia.

VIENTO

Las embarcaciones de recreo presentarán a la acción del viento perfiles muy distintos dependiendo que consideremos una embarcación de motor (predominio del efecto de la obra muerta y la superestructura) y un barco de vela (importante efecto del mástil y del aparejo), sin embargo el peso de unos y otros elementos sobre la expresión que determina la fuerza aerodinámica total, puede ser pareja (ver ref. 4).

Otro aspecto a considerar será el debido al gradiente vertical de la intensidad de viento que actúa sobre la embarcación, considerando que el transductor del anemómetro se sitúa en la

perilla del mástil, la lectura del viento será superior al que en realidad actúa sobre la embarcación. En cualquier caso el efecto de las fuerzas de presión aerodinámicas se traducirán en una fuerza resultante aplicada en el centro de presión aerodinámica (E).

Respecto a la presencia de vientos constantes o no en dirección e intensidad, nos encontramos con situaciones diferenciadas:

- ***el viento se mantiene constante en intensidad y dirección*** - situación estática de la embarcación, aproada, solicitación constante sobre el tren de fondeo.

- ***el viento varía en intensidad***, permaneciendo invariable la dirección (racheado), embarcación aproada retrocediendo cuando aumenta la intensidad del viento, para recuperar su posición de equilibrio inicial al bajar la velocidad del viento. Problema dinámico, presencia de fuerzas de inercia que nos lleva a la consideración de las fuerzas debidas al movimiento de la embarcación.

- si la ***dirección varía temporalmente*** (viento rola), nos encontramos ante una situación de gran complejidad que se traduce en movimientos de orzada y arribada de la embarcación (acercar la proa al viento y alejarla), que aconsejará la búsqueda de un fondeadero de mayor seguridad.

MAR

Consideraremos dos casos diferentes; la acción de las olas y la debida a la existencia de corriente.

-*Olas.* Modificar el fondeo hacia zonas abrigadas

-*Corriente*. No suele ser habitual el fondear en espacios con una fuerte corriente en contra (estuarios, radas situadas en la desembocadura de un río), efecto despreciable salvo en zonas de elevada corriente (superior a 4 kn). En cualquier caso resultará de interés el cálculo de la fuerza actuante, a pesar de que su efecto resultará de menor importancia que el debido al viento. Se podrá analizar la situación de contraste entre viento y corriente

FONDO MARINO

Una vez las uñas del ancla se entierran en el fondo marino, ante la fuerza ejercida horizontalmente por la cadena, se opone una reacción del ancla cuyo valor máximo vendrá dado por el poder de agarre del ancla. El angulamiento, ó elevación de la caña por efecto de la existencia de una componente vertical en la fuerza transmitida por la cadena, tendrá como consecuencia una reducción importante sobre el poder de agarre de éste. La consideración de la componente vertical debida al peso del ancla, tendrá su efecto sobre el cálculo del poder de agarre de éste.

Por otro lado será despreciable el efecto del rozamiento de la cadena sobre el fondo.

MOVIMIENTOS DEL BARCO

Los movimientos del barco debidos a la acción de las fuerzas enunciadas con anterioridad, va a provocar la aparición de las consecuentes fuerzas de inercia que incrementarán las solicitaciones sobre el tren de fondeo. En concreto en la condición de permanencia en el fondeadero en una situación de viento racheado (incrementos temporales de la intensidad del viento actuante), se parte de una situación de fuerza actuante sobre la embarcación Fo, para a continuación alcanzar una nueva condición Fv. En ese momento la embarcación retrocederá bajo el efecto del viento, adquiriendo una velocidad creciente en su retroceso. La inercia que la embarcación adquiere, se traduce en una fuerza de inercia que el fondeo (en concreto la línea de fondeo), deberá contrarrestar.

4. El ancla

Para cumplir su función el ancla deberá permanecer en el mismo lugar con independencia de la dirección y magnitud de las fuerzas que actúan sobre la embarcación.

Constan de dos partes diferenciadas: las **uñas,** que en número de una o dos penetran en el fondo; la **caña,** que une las uñas con la línea de fondeo.

Las anclas modernas pueden ser clasificadas en dos categorías:

- *anclas planas*, dotadas de dos uñas unidas a una caña articulada

- *anclas de arado*, contando con una uña en forma de arado que se une a la caña mediante una articulación o de forma rígida. La uña podrá ser de forma plana, cóncava o convexa.

Para cualquier tipo de ancla; el poder de agarre, con independencia del tipo de fondo del que se trata, dependerá del cumplimiento de las condiciones siguientes:

1. Del grado de enterramiento de las uñas del ancla, así como de que éste sea simétrico.
2. Que la articulación de las uñas esté en posición abierta.
3. Que las condiciones anteriores se cumplan en situaciones cambiantes en cuanto a solicitaciones.
4. En cualquier condición la caña se ha de mantener paralela al lecho marino.

Las condiciones 1,2 y 3 deberán darse si el ancla ha sido correctamente diseñado. La última condición responde a la elección de la línea de fondeo.

Tipos de anclas

La primera generación de anclas, será la de aquellas que, en una gran medida, realizan su función debido al peso. Corresponde a modelos históricos, ya caídos en desuso. Entre las anclas actuales, tendremos una doble categoría, por un lado las anclas de SEGUNDA GENERACIÓN (a ella pertenecerán aquellas desarrolladas hasta la década de los 70), en las que mediante la geometría adecuada de las uñas, se consigue un enterramiento parcial del

dispositivo, que incrementará su poder de agarre. Claros ejemplos será los tipos HALL, CQR Y BRITANY. Y los de TERCERA GENERACIÓN, desarrollados por la industria del petróleo para los campos offshore, en los que se consigue un incremento considerable en el efecto del enterramiento, con la consiguiente mejora en el poder de agarre. Se trata fundamentalmente de anclas del tipo de arado sin articulación en la caña, (DELTA, ROCNA, BUGEL, SPADE, CLAW, FORTRESS, AC14)



Fig.4.1 – Anclas plana, de arado (2ª generación) y sin articulación en la caña (3ªgeneración)

Estimación del poder de agarre

Se define el poder de agarre como la máxima fuerza que admite el ancla sin que se produzca el arrastre de éste. Para su estimación existen varios modelos teóricos que pasamos a describir:

Modelo tradicional

$$F = k.M \qquad (4.1)$$

Modelo usado por Vryhof y Bruce para grandes anclas

$$F = k.M^{0.92} \qquad (4.2)$$

Modelo empleado para anclas de pequeño tamaño

$$F = k.M^{1,4} \qquad (4.3)$$

Donde k, coef. De poder de agarre y M , masa del ancla

La influencia del tipo de fondo se determina mediante la tabla siguiente (ref. 9):

1 – BUEN TENEDERO	FANGO DURO
	CONCHUELA
	ARENA FANGOSA
	ARENA GRUESA
2 – TENEDERO REGULAR	ARCILLA
	CASCAJO
	ARENA FINA
3 – MAL TENEDERO ó 4- DESCONOCIDO	FANGO BLANDO
	CORAL
	PIEDRA

Tabla 1 – tipos de fondo en relación con el fondeo

Utilizaremos la última expresión (4.3) para calcular el poder de agarre en función de la masa del ancla, para ello utilizaremos los coeficientes incluidos en la tabla 2.

coeficiente de poder de agarre - k					
	Tipo de ancla	1 - Buen tenedero	2 - Tenedero regular	3 -Mal tenedero	4 - desconocido
ANCLAS 2ª GENERACIÓN					
	CQR	22	12	5	5
	DANFORTH	22	12	5	5
	HALL	4	3	3	3
	BRITANY	22	12	5	5
ANCLAS 3ª GENERACIÓN					
	FORTRESS*	66	32	14	14
	AC14	33	18	7	7
	BRUCE	33	18	7	7
	DELTA	33	18	7	7
	ROCNA	33	18	7	7
	BUGEL	33	18	7	7
	SPADE	33	18	7	7
	CLAW	33	18	7	7

Tabla 2 - poder de agarre de diversos tipos de anclas comerciales en fondos distintos

**para anclas ligeras de aluminio*

Hasta ahora hemos considerado que la tracción que ejerce la línea de fondeo sobre el ancla es paralela al fondo. Supongamos que está se ejerce formando un ángulo α con la horizontal. Debido a la geometría del ancla (en concreto la relación formada por la longitud de la caña OA y la longitud de las uñas OB y el valor angular de separación de ambas δ, el ángulo α se convertirá en un levantamiento de la caña de valor ε. De modo que esta situación de angulación se traduce en una reducción en el poder de agarre de acuerdo a una "ley parabólica" *(ver fig. 4.2)*, a partir del valor máximo de F. El ángulo αo será aquel para el cual el poder de agarre se anula.

$$F_\alpha = F\left[1 - \left(\frac{\alpha}{\alpha O}\right)^2\right] \qquad (4.4)$$

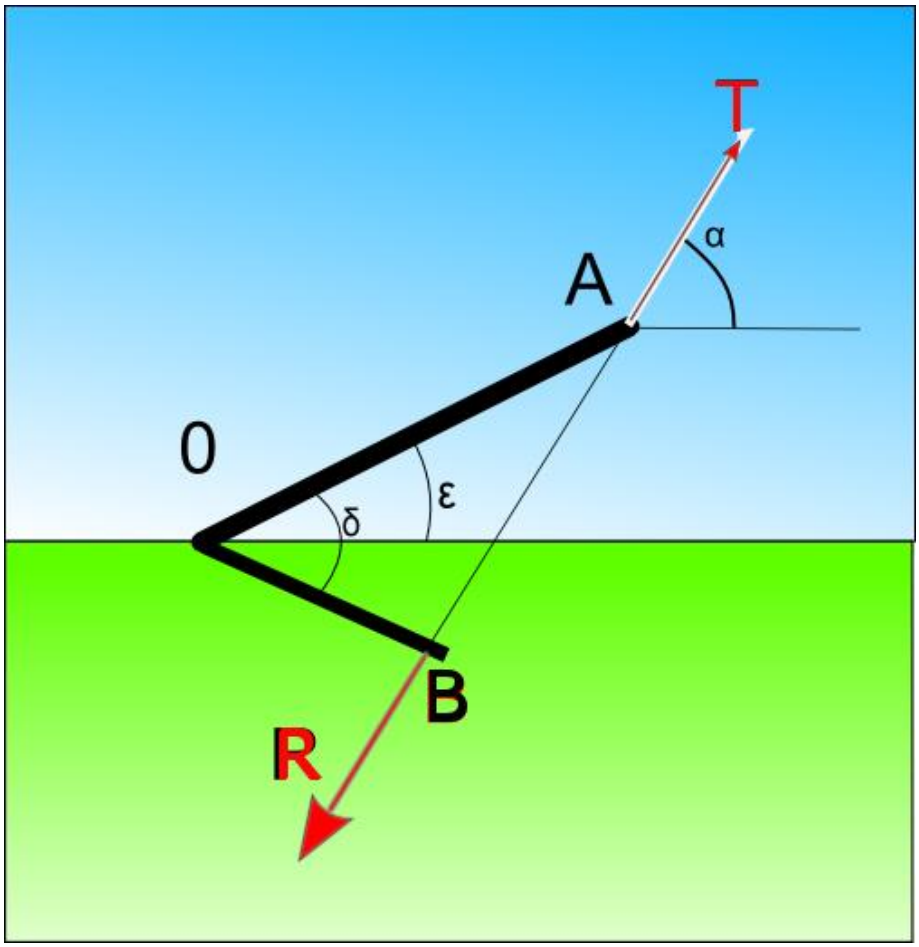


Fig.4.2 –Situación de levantamiento de la caña del ancla – angulación

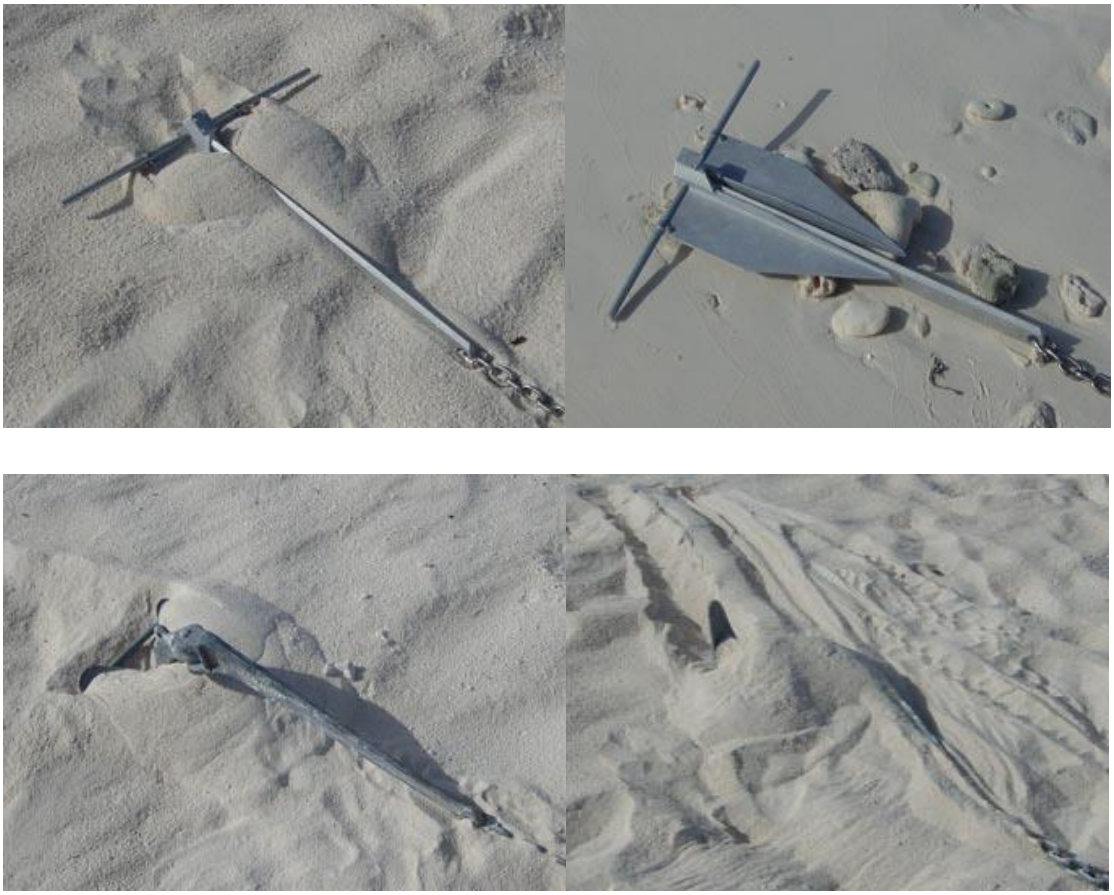


Fig. 4.3 Enterramiento de diversos tipos de anclas

El ancla y la línea de fondeo

El tren de fondeo de una embarcación estará constituido por una longitud de cadena unida al ancla – **línea de fondeo homogénea**. En el caso de embarcaciones de pequeña eslora la cadena se podrá sustituir por un cabo aplomado.
La reglamentación permite que en embarcaciones de eslora media existan fondeos del tipo mixto. Para facilitar la maniobra de zarpado del ancla, se mantiene un largo de cadena (de longitud igual a la eslora de la embarcación) en el extremo de unión al ancla, sustituyendo el resto por una estacha de cabo - **línea de fondeo heterogénea.**

La operación de fondeo puede realizarse de diversas maneras, pudiendo utilizarse un ancla o dos. Habitualmente, y salvo condiciones ambientales extraordinarias que aconsejen otra solución, se suele fondear con un solo ancla en una condición denominada “a la gira”. Lo que sí puede variar dependiendo de la zona de operación de la embarcación, será el tipo de ancla empleado. La naturaleza del fondo de los fondeaderos empleados, va a permitir escoger entre diversos tipos de anclas, siendo todos ellos de alto poder de agarre. /Bruce, Delta, Fortress, Britany, Hall, Danforth, CQR, etc.

Para garantizar el trabajo óptimo del ancla, y consecuentemente conseguir el máximo poder de agarre, se deberán garantizar dos aspectos esenciales: la primera conseguir que **la caña del ancla presente un ángulo cero, o próximo a este valor, respecto a la horizontal,** por otro

lado evitar **las variaciones importantes en la orientación de la proa** en condiciones meteorológicas cambiantes (borneo)**,** en especial en fondos arcillosos**.**

Resulta de especial importancia el primer aspecto; un ancla, en una condición de enterramiento y naturaleza del fondo dada, disminuye de forma dramática su poder de agarre ante valores reducidos del ángulo que forma la caña respecto al fondo, tal y como ha sido estudiado en la expresión 4.4. Sin embargo pequeñas variaciones en la horizontalidad de la fuerza ejercida T (ángulos α próximos a cero), determinarán angulaciones (ángulo de levantamiento de la caña del ancla ε) inapreciables que podrán ser absorbidas por el poder de agarre del ancla.(ver fórmula 5.12). En cualquier caso la forma de garantizar que la acción que la cadena ejerce sobre la caña del ancla se corresponda con una fuerza ejercida horizontalmente, se consigue haciendo que un largo de cadena descanse en el fondo. Para conseguir este efecto vamos a estudiar el comportamiento de la embarcación fondeada en su condición estática.

5. Comportamiento estático

Cuando una embarcación ha fondeado a la gira, la cadena adquiere una trayectoria curvilínea característica que recibe el nombre de catenaria. La catenaria es la curva que forma un hilo ideal, de masa distribuida uniformemente y que cuelga libremente de dos puntos, siendo el más bajo de los dos el vértice de la curva.

El buque fondeado con una sola ancla, en su equilibrio estático, ha de ser capaz:

1. De soportar las solicitaciones que el viento y la corriente ejerce sobre la embarcación en base al poder de agarre del ancla.
2. El estopor capaz de soportar el peso de la catenaria que forma la cadena
3. La cadena, bien por su longitud o por su peso, mantener la caña del ancla en posición horizontal (valores del ángulo α inferiores a 5 grados)

El comportamiento del buque fondeado estará sometido a movimientos de diverso tipo que podrán afectar a la condición del fondeo (ver fig. 5.2):

- Movimientos de tipo vertical, debidos a la acción de las olas o la marea, no afectan al poder de agarre del ancla siempre que la caña del ancla descanse sobre el fondo ($\alpha<5$ grados), sí afecta a la solicitación en el estopor.
- Movimientos de tipo longitudinal, modifican la longitud de cadena en contacto con el fondo y por tanto podrían afectar al poder de agarre, y en su caso a la solicitación en el estopor.
- Movimientos de giro alrededor del fondeo, o de borneo, en el caso de variaciones importantes en la dirección del viento (contrastes) o de la corriente (ángulo de borneo $\beta<45^{o}$), podrán afectar al poder de agarre en el caso de fondos blandos, ya que es posible que el ancla no se entierre en la nueva posición.

Analizamos a continuación el comportamiento estático de líneas de fondeo de tipo homogéneo y del tipo mixto

5.1 Línea de fondeo homogéneo

Siguiendo con nuestra asimilación de la cadena en la situación de fondeo a la gira, como una curva catenaria, en particular una media curva catenaria completa, cuyo vértice corresponde al punto donde la cadena descansa en el fondo y el extremo al punto de contacto de la cadena con el buque (roldana de fondeo). De este modo, y a partir de la situación de ausencia de la acción del viento o la corriente sobre la embarcación, en la que la cadena se suspende de modo vertical hasta el fondo, a la situación límite en la que las solicitaciones actuantes sobre la embarcación determinan el que toda la cadena esté levantada del fondo. Nos encontraremos con multitud de curvas catenarias cuya longitud total varía. En la situación extrema, la conocida como catenaria límite, de seguir aumentando la fuerza del viento, determinará la aparición de una componente vertical en el vértice (fuerza de tracción vertical), conduciendo al levantamiento de la caña del ancla y el posterior "garreo".

Ha quedado dicho que podremos garantizar el máximo poder de agarre del ancla siempre que limitemos los valores angulares α y β (respectivamente levantamiento de la caña y el ángulo de borneo de la embarcación). La primera de las limitaciones la alcanzaremos obligando a que el punto más bajo de la catenaria sea el vértice de dicha curva. De acuerdo con la figura adjunta 5.1, la ecuación de la catenaria de directriz el eje X, trazado a una distancia "*a"* del vértice, y siendo el eje Y perpendicular al anterior que pasa por el vértice, corresponde a la ecuación diferencial *dy/dx =S/a*, donde S es la longitud de la curva catenaria entre los puntos A(*0,a*) y B(R,*a+f*)

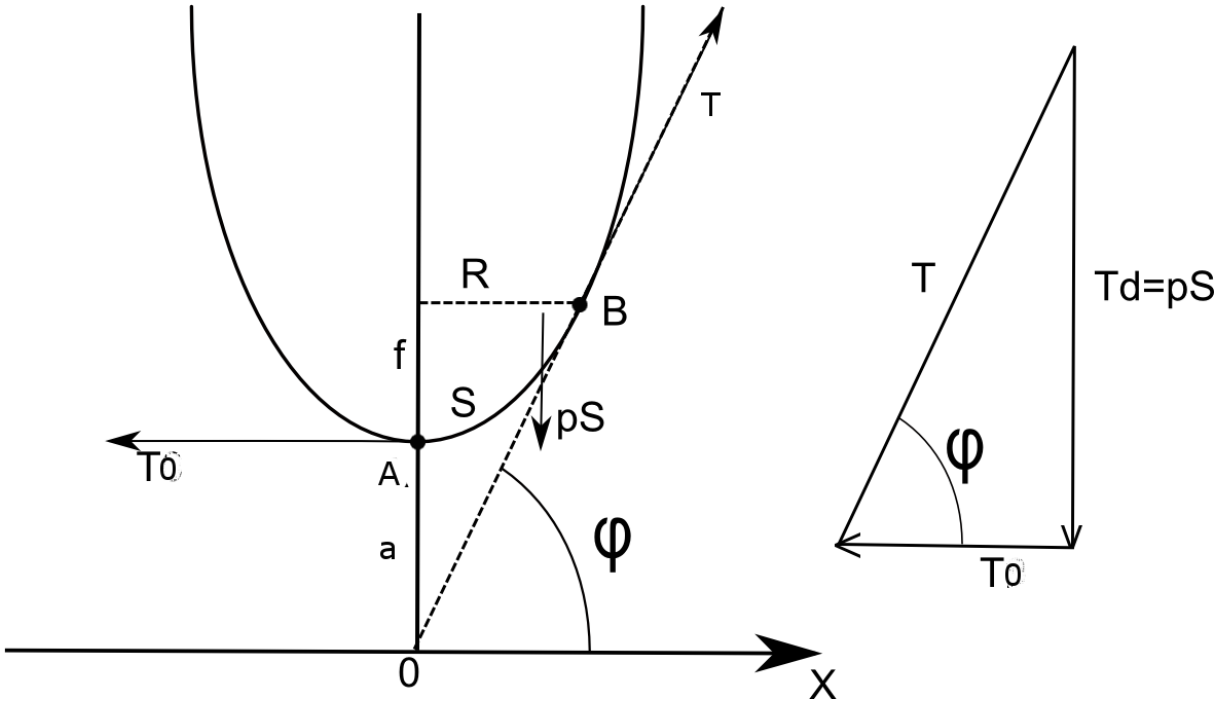


Fig.5.1 – Curva catenaria

La integración de la ecuación diferencial indicada conduce a la siguiente expresión de una función hiperbólica, la ecuación de la curva será:

$$Y = a\ ch\ x/a \qquad (5.1)$$

El triángulo de fuerzas, representado a la derecha de la figura catenaria, compuesto por las fuerzas ejercidas en los extremos de la catenaria ***To*** y ***T*** y el peso del tramo de curva considerado ***Td*** (peso por unidad de longitud *p* y *S* la longitud de la curva, *Td =p.S),* nos permitirá determinar el modelo físico representativo del fondeo de nuestra embarcación. La fuerza ***T*** correspondiente a la tensión de la cadena en el punto de unión con la embarcación, cuya proyección horizontal determinará el esfuerzo en el estopor del buque (punto de fijación de la cadena a bordo). El parámetro ***To*** representa la solicitación ejercida por el viento y la corriente sobre el buque, siendo igual a la fuerza ejercida sobre el ancla que descansa en el fondo. Por último, el peso de la cadena correspondiente vendrá representado por el parámetro ***Td.***

Mediante la expresión anterior se podrá relacionar los tres parámetros que conducen a la solución del problema físico, a partir del valor de la solicitación ejercida por el buque y el poder de agarre de nuestro ancla, determinar la longitud de cadena a largar. (ver ref. 8)

La fórmula permite obtener la tensión en cualquier punto de una catenaria en función de la tensión en el vértice (donde p es el peso unitario, y f la altura del tramo que separa los puntos considerados, en este caso los extremos)

$$T = To + f.p \qquad (5.2)$$

La incógnita correspondiente a la longitud de cadena a largar vendrá determinada por la expresión:

$$S = \sqrt[2]{f\frac{(2To + Pa * f)}{Pa}} \qquad (5.3)$$

Donde f - profundidad en m. (considerando la altura de la proa)
Pa - peso aparente de cada metro de cadena
To - fuerza que actúa sobre la embarcación

La expresión anterior se puede escribir en función del cociente N, (s/f), que representará la relación entre la longitud de cadena largada y el fondo existente

$$N = \sqrt[2]{1 + 2\frac{To}{Pa * f}} \qquad (5.4)$$

La ecuación anterior indica con claridad que el valor N, dependerá de la fuerza que actúa sobre la embarcación (To), siendo directamente proporcional, y de forma inversa con la profundidad del lugar. En ningún caso se podrá generalizar un valor prefijado (habitualmente, de forma errónea, se maneja el valor de N=3)

La máxima profundidad a la que podré fondear la embarcación, para una longitud dada de la línea de fondeo (s) y un valor dado de la fuerza To, vendrá dada por la raíz positiva de la ecuación en f, de la ecuación 5.3:

$$fmax. = \sqrt{s^2 + (To/Pa)^2} - \text{To/Pa} \qquad (5.5)$$

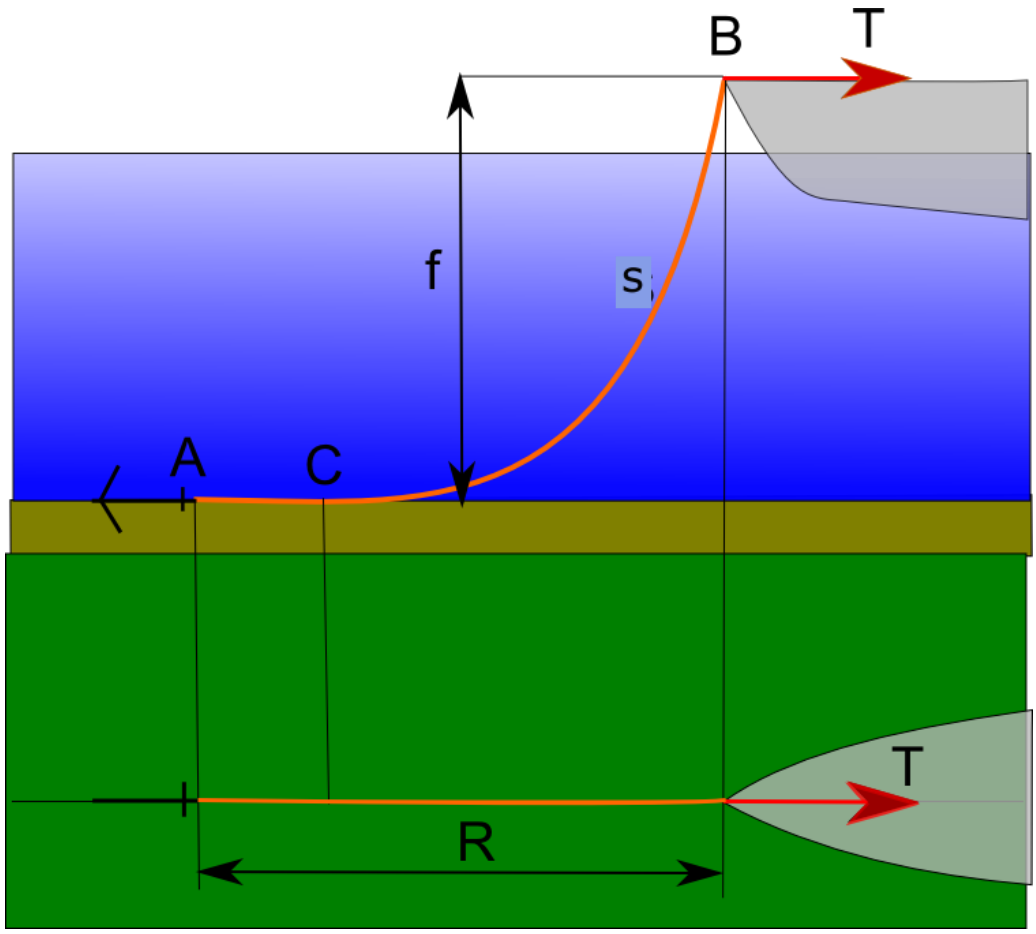


Fig.5.2 - Principales parámetros del fondeo a la gira

La acción del viento para las embarcaciones de motor se obtiene a partir de las expresiones recogidas en la ref . 8

$$Tv = \frac{3}{64}\, k1 * Vv^2 * B * H \qquad (5.6)$$

Siendo:

k1 constante que depende del resguardo del fondeadero
Vv velocidad del viento en m/sg
B – manga de la embarcación
H – altura efectiva desde la línea de la flotación hasta el techo de la caseta más alta con manga superior a B/4

La ref. 4 aconseja la utilización de la fórmula publicada por el American Boat and Yacth Council, debido a su buena aproximación a la estimación del efecto del viento sobre las embarcaciones de vela, con la consideración del efecto de la jarcia y el mástil

$$Tv = 0.0089\, L^{1.66}\, Vv^2 \qquad (5.7)$$

Siendo :

L la eslora total de la embarcación
Vv la velocida del viento en nudos

En aquellos casos en que actúe la corriente marina se determinará ésta en función de la superficie mojada de la embarcación, de acuerdo con la siguiente expresión

$$Tc = Cf * \frac{1}{2}\rho * Vc^2 Am \qquad (5.8)$$

Cf coeficiente de la resistencia a la fricción que actúa sobre la obra viva

ρ densidad del fluido

Vc velocidad de la corriente
Am superficie mojada del casco

Estimando el valor de Cf mediante la ITTC – 57 y operando obtendríamos:

$$Tc = 258.33 * 10^{-3}\, (d * \delta + b) * (B + 2T) * Vc * (Vc * Lpp)^{\frac{4}{5}} \qquad (5.9)$$

Donde
d, b serán coeficientes que dependen del tipo de proa (cilíndrica o con bulbo)
δ coeficiente de bloque

Lpp eslora entre perpendiculares
B manga
T calado

Para el caso de la acción conjunta del viento y la corriente la expresión de la fuerza total actuante, dependerá de los valores angulares α1 y α2 que formen el viento y la corriente incidentes con la línea de crujía en la posición de equilibrio final.

$$To = Tv \cos\alpha 1 + Tc \cos\alpha 2 \qquad (5.10)$$

El poder de agarre del ancla se calcula mediante la expresión

$$To = k * Pancla^{1.4} \qquad (5.11)$$

Donde k coeficiente de poder de agarre se determina a partir de un atabla de doble entrada; el tipo de fondo y el ancla considerado, contenido en las tablas 4.1 y 4.2

Las anclas consideradas se refieren a aquellas de utilización habitual en embarcaciones de recreo (las seis primeras), mientras que las dos últimas se corresponden con modelos de uso habitual en la marina mercante.

Siempre deberá cumplirse la condición de NO GARREO, esto es:

Poder de agarre del ancla = $k * Pancla^{1.4} > valor\ calculado\ To$ (5.12)

Deberá hacerse una especial consideración respecto aquellos casos en los que se pueda considerar como admisible un cierto "levantamiento" de la caña del ancla, la denominada "angulación". La consideración de un pequeño valor angular α (menor de 5 grados), producirá una considerable elevación en el valor de la tensión admisible en el extremo de la catenaria:

$$T\alpha = \mathrm{To}\ \cos\alpha \Big/ 1 - {}^{s}/_{f}\ \sin\alpha \qquad (5.13)$$

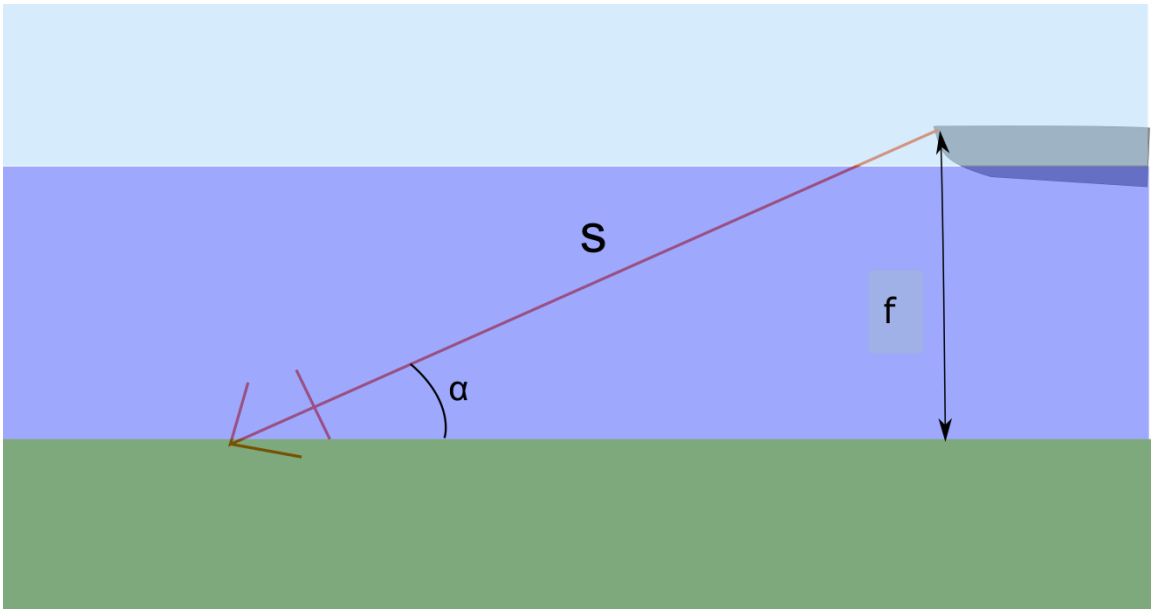


Fig. 5.3 – fondeo con cabo- parámetros principales y efecto del angulamiento

Finalmente la tensión que soportan las garras del estopor será la correspondiente a la ecuación que relaciona la tensión en el extremo de la catenaria (punto de unión al buque), con la tensión en el vértice de la curva, tensión To:

$$T = To + f * p \qquad (5.14)$$

Donde:

f = profundidad
p = peso unitario de la cadena

La máxima intensidad de viento que puede soportar la embarcación en el fondeadero considerado, vendrá dado por igualar el máximo valor que puede tomar el parámetro To y la expresión (4.4) que la relaciona con la fuerza que el viento ejerce sobre la obra muerta de la embarcación, despejando la incógnita Vv.

La máxima profundidad del tenedero en el que se puede fondear para una condición de viento dada, vendrá determinado por el cálculo de la raíz positiva en f, de la ecuación siguiente:

$$To = Pa \frac{S^2 - f^2}{2f} \qquad (5.15)$$

Donde:

S = longitud total de la cadena (número total de largos a cada banda)
f profundidad en metros

5.2 Línea de fondeo heterogénea

Ha quedado claro que la línea de fondeo transmite la resultante de fuerzas que actúan sobre la embarcación al ancla contraponiéndola al poder de agarre de éste. La cadena resulta el elemento adecuado a emplear, mientras que el cabo por su flotabilidad resulta inadecuado.

Las embarcaciones de vela de pequeña eslora adoptan soluciones ingeniosas para la línea de fondeo como podría ser la utilización de cabos aplomados o la disposición de un peso intermedio en la línea de fondeo.

A partir de la expresión que determina la máxima fuerza que podrá soportar el fondeo (será lo mismo indicar la fuerza que consigue elevar la cadena s del fondo)

$$To = Pa\ \frac{s^2 - f^2}{2f} \qquad (5.16)$$

Donde s = longitud de cadena largada
f = profundidad en metros
Pa = peso unitario de la cadena en el agua

Si ahora suspendemos un peso k a una distancia Lk de la proa, la expresión anterior se convierte en:

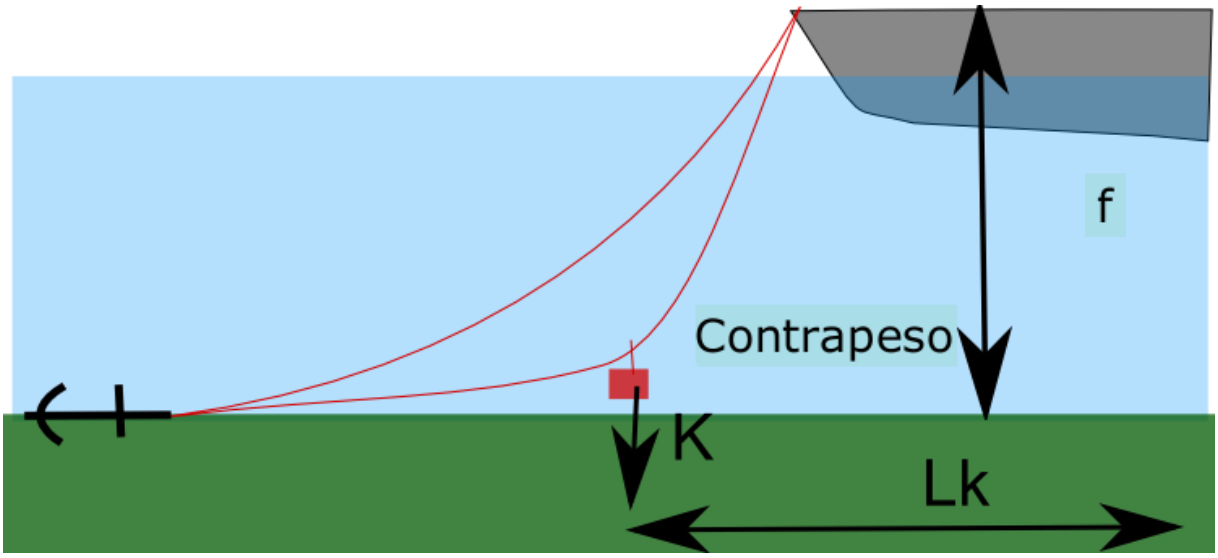


Fig. 5.4 - Fondeo mediante cabo y peso suspendido

$$Fk \approx To + k * \frac{Lk}{f} \qquad (5.17)$$

De la expresión anterior se deduce que el máximo valor se obtiene para el caso de situar el peso lo más próximo posible a la caña del ancla.

De este modo una solución podrá venir dada por la situación del peso representado, por una pequeña longitud de cadena unida a un cabo de una fibra textil. Ante esta nueva composición de la línea de fondeo, tendremos que la profundidad f que permite alcanzar el tramo de cadena Sch, deberemos añadirle la correspondiente a la adición de la longitud de cabo Scabo.

En esta situación podremos estimar la máxima profundidad de fondeo alcanzada para una situación dada, mediante el incremento de la profundidad calculada en la expresión 5.5 en el valor fcabo (ver figura 5.5)

$$fcabo \approx Scabo * \frac{2Scadena * fcadena}{Scadena^2 - fcadena^2} \qquad (5.18)$$

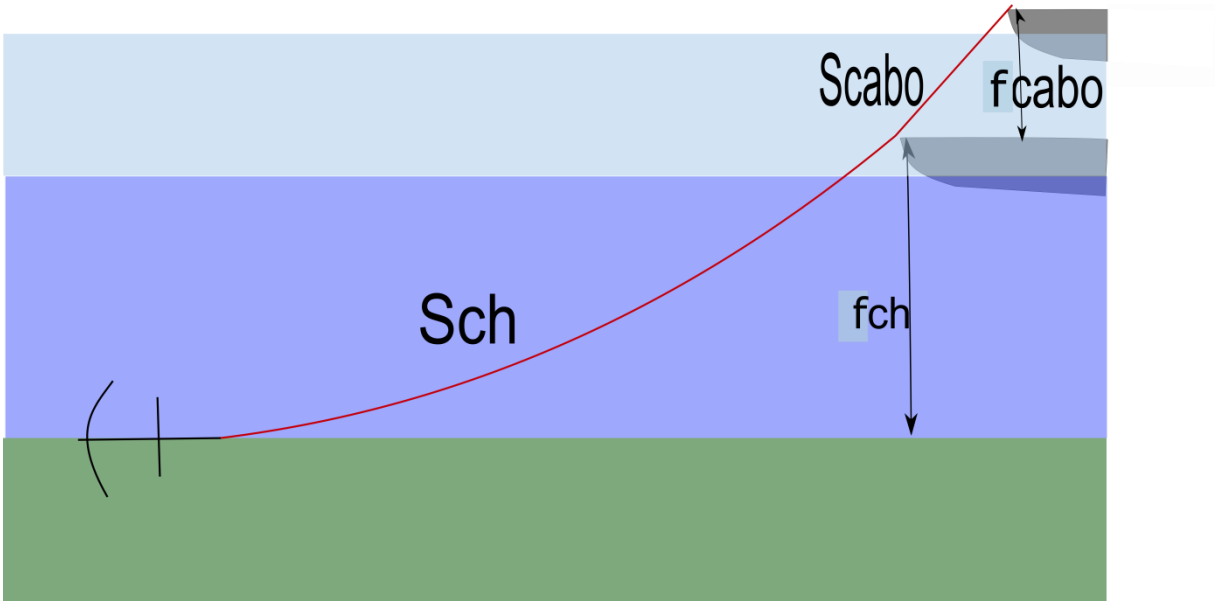


Fig. 5.5 - Línea de fondeo mixto

6. Comportamiento dinámico

Han quedado indicadas con anterioridad las propiedades que la línea de fondeo debe poseer, de cara a la consecución de las finalidades de nuestro fondeo:

1. La línea de fondeo deberá traccionar el ancla en la dirección que éste presente el máximo poder de agarre.
2. La línea de fondeo deberá ser fácil de estibar a bordo, facilitando las labores de largado y cobrado.
3. Deberá actuar amortiguando los esfuerzos repentinos, debidos al viento y las olas, sobre el ancla y la embarcación.

Los dos primeros requerimientos, han sido estudiados en los apartados anteriores, correspondiendo ahora el análisis del amortiguamiento introducido por las fuerzas actuantes en la condición dinámica.

Variación temporal de la intensidad del viento

Para ello consideremos la condición de permanencia en el fondeadero con una situación de viento racheado (incrementos temporales de la intensidad del viento actuante), se parte de una situación de fuerza actuante sobre la embarcación Fo, para a continuación alcanzar una nueva condición Fv. En este caso considerado, la embarcación retrocederá bajo el efecto del viento adquiriendo una velocidad creciente en su retroceso. La aceleración que la embarcación adquiere se traduce en una fuerza de inercia que el fondeo (en concreto la línea de fondeo), deberá contrarrestar. Consideremos el comportamiento de la línea de fondeo como de un

modo completamente elástico, similar a un muelle de constante "k", y longitud Lo. Si aplicamos una fuerza F, la nueva longitud L vendrá dada por la expresión:

$$L = Lo + F/k \qquad (6.1)$$

Siendo la extensión del muelle $\Delta L = F/k$, los valores de la velocidad máxima de retroceso dependerán de la expresión

$$Vmax = \frac{F}{\sqrt{k * M}} \qquad (6.2)$$

En la posición de anulación del movimiento corresponderá la máxima tensión en el muelle

$$Tmax = 2F \qquad (6.3)$$

La variación de los parámetros de posición, velocidad, aceleración y tensión sobre el fondeo seguirán una ley senoidal de periodo $2\pi\sqrt{M/k}$. Actuando la fricción del agua como amortiguamiento.

En el caso de nuestro fondeo la tracción sobre éste será independiente de la masa de la embarcación, alcanzando el doble del valor de la fuerza del viento sobre el barco.

A continuación, analizaremos la respuesta dinámica de la misma embarcación con diferentes líneas de fondeo. Ahora se trata de dispositivos elásticos que tratan de limitar la sobretensión que las fuerzas de inercia ejercen sobre el fondeo, pero sin conseguir la eficiencia del muelle.

Inicialmente consideremos una fuerza debida a las fuerzas de presión del viento de Fo, que se incrementa repentinamente al nuevo valor Fv (ver ref. 4), estudiaremos la respuesta dinámica de la embarcación dotada de diversos trenes de fondeo: homogéneos mediante cadena y cabo, disposición de un peso suspendido en la línea de cabo, fondeos heterogéneos compuestos de cadena y cabo en proporción variable. En cada caso se considerará la consecución de los objetivos generales, así como el alcanzar la condición de amortiguamiento requerida en la situación dinámica.

	LÍNEA HOMOGÉNEA			**LÍNEA HETEROGÉNEA**	
	Cadena	**Cabo**	**Cabo con contrapeso**	**Cadena-cabo (40/60)**	**Cadena-cabo (80/20)**
Criterios generales					
Tracción horizontal del ancla	SI	No, a no ser que se utilice una línea muy larga	Si, pero limitado al peso que utilicemos	SI	SI
Fácil estiba a bordo	SI	SI	No, debido al peso adicional	SI	SI
Facilita las	Si, pero se	SI	No, difícil	De forma	Si, pero se

labores de largado y cobrado del ancla	hace necesaria la ayuda del molinete		tarea de cobrado y largado del peso	moderada, debido a la transición entre cadena y cabo	hace necesaria la ayuda del molinete
Comportamiento dinámico					
Sobretensión actuante	(3Fv –Fo)	(2Fv – Fo)			
Reduce el esfuerzo de tracción	Muy poco,	De forma considerable	De forma considerable	bastante	algo
Velocidad de retroceso	alta	media	baja	media	alta
Zona de movimiento (borneo)	reducida	amplia	amplia	media	baja
Abrasión de la línea con el fondo	baja	alta	alta	media	media

Tabla 6.1

Las enseñanzas que podemos extraer de la consideración de la tabla anterior podrán ser:

- La utilización de un fondeo del tipo homogéneo formado por cadena garantiza el correcto funcionamiento del ancla, así como la correcta maniobra siempre que se cuente con el auxilio de un molinete. Contemplando el análisis dinámico la acción de vientos de intensidad variable, ocasionará una importante sobretensión debido a la baja capacidad de amortiguamiento que presenta la cadena. Por otro lado la velocidad de movimiento de la embarcación será elevada, pero dentro de una zona reducida.
- El fondeo de tipo homogéneo mediante cabo, no cumple los criterios de tipo general (tracción horizontal de la caña del ancla), pero actúa reduciendo el esfuerzo de tracción al ser la sobretensión actuante debido a las de inercia bajo, (baja velocidad). Por el contrario la zona de movimiento será amplia.
- Situar un peso en la línea de fondeo, actúa reduciendo la velocidad de retroceso, así como la sobretensión actuante. Por el contrario las labores de maniobra se verán complicadas.
- Soluciones heterogéneas que combinan cadena y cabo presentarán características intermedias entre las indicadas, correspondiendo las columnas finales a soluciones del tipo mixto en proporciones variables 40/60 y 80/20 que resultarán la solución mas eficaz para el fondeo de embarcaciones de vela. Entre ellas la primera resultará el mas eficaz en términos de amortiguamiento del movimiento.

Variación temporal de la dirección del viento

En suposiciones anteriores, siempre hemos considerado la simetría de la embarcación unido a la invariabilidad de la dirección del viento, lo que a la postre se traducía en el mantenimiento de una situación de embarcación aproada al viento. En la práctica esto no resulta ser así, ya que los fondeaderos, en su proximidad a la costa, se encuentran afectados de accidentes geográficos, tales como colinas, acantilados vegetación, que afectan a la dirección del viento. En este caso deberemos considerar la aplicación de un complejo sistema de fuerzas actuantes:

- Fuerza debido a la acción del tren de fondeo T, de punto de aplicación en la roldana de fondeo B, y dirección el de la línea de fondeo
- Fuerzas de inercia debido al movimiento de la embarcación y cuyo punto de aplicación corresponderá a su centro de gravedad G.
- Fuerza de origen aerodinámico V debido a la acción del viento sobre la obra muerta y superestructura, cuya resultante se aplicará en el centro de fuerzas aerodinámicas.
- Fuerzas de tipo hidrodinámico, que aparece con el movimiento de la embarcación y debido a la acción de los apéndices (quilla y el timón), así como la obra viva. La resultante H será de aplicación en el centro lateral de presiones.

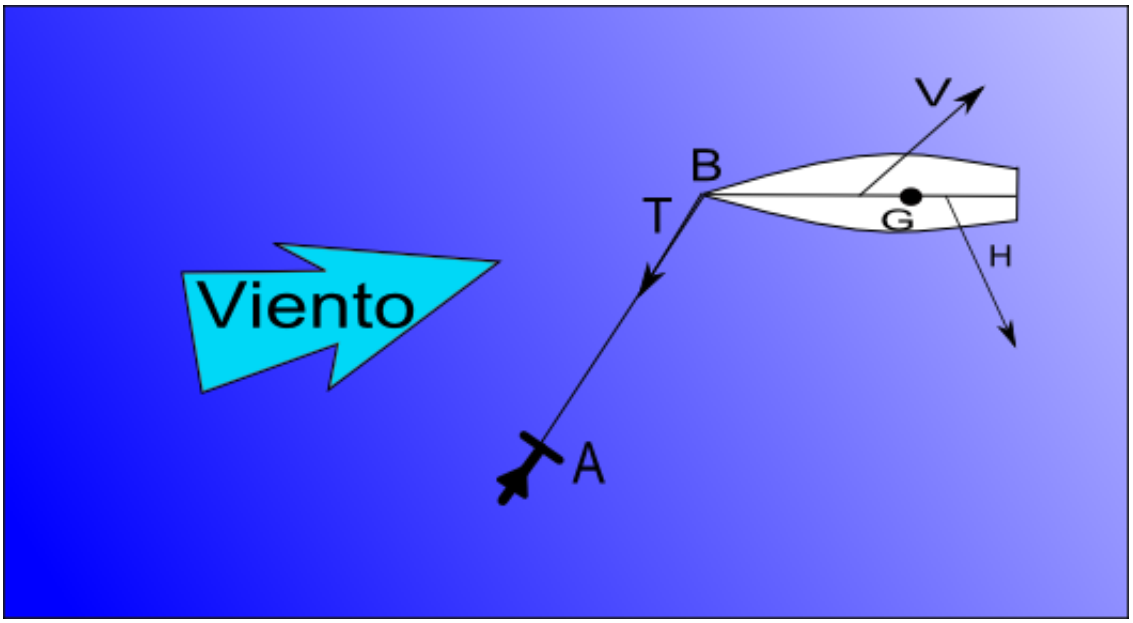


Fig. *6.1- Sistema de fuerzas actuantes ante viento de dirección variable*

En una embarcación de vela en navegación, el centro lateral de presiones, así como el centro vélico y el centro de gravedad, se encuentran muy próximos, pero en la situación de fondeo, por tanto con las velas arriadas, la situación varía. En éste caso, la resultante de las fuerzas aerodinámicas tendrá un punto de aplicación muy a proa del centro de presión lateral de la carena, resultando un importante par de fuerzas que tenderá a alejar la proa del viento. Al aumentar el ángulo que forme la proa, el predominio del aparejo y superestructura de popa, determina un desplazamiento del punto de aplicación a popa del centro de gravedad, apareciendo un nuevo par de fuerzas que tiende a restaurar la posición inicial. De no ocurrir lo anterior, aparecerá un nuevo par junto a la fuerza del tren de fondeo aplicada en la roldana,

que se opondrá al anterior. En definitiva se produce un movimiento de orzada para a continuación recuperar la posición sometiendo a la embarcación a un movimiento de balance.

La consideración de la magnitud de las fuerzas hidrodinámicas que intervienen, determinará la importancia del fenómeno de orzada y balance, se podrá concluir:

- Embarcaciones de motor, presentan una clara preponderancia de las fuerzas de tipo aerodinámica (A), sobre las hidrodinámicas (H), de modo que a un amplio y rápido movimiento de orzada, sucede un moderado balance.
- Embarcaciones de vela, con bajo desplazamiento determina un poco importante presencia de las fuerzas de inercia, y por contra un elevado valor de H y A. Amplios movimientos de ambos tipos.
- Embarcaciones de vela clásica, presentarán una elevada inercia, y por el contrario baja influencia de H y A. resultando moderados movimientos de orzada y balance.

Las posibilidades de actuación buscando atenuar éste indeseable efecto, vendrán dadas de la adopción de acciones encaminadas a:

- El desplazamiento hacia proa del punto de aplicación del efecto del fondeo mediante la incorporación de punteras para incorporar la roldana de fondeo (B).
- Retraso del punto de aplicación de las fuerzas aerodinámicas (A), incrementando la superficie expuesta en popa (vela de capa)

7. Conclusiones

1. La permanencia en el fondeadero constituye una fase activa en el uso de las embarcaciones de recreo.
2. El fondeo perfecto será aquel que mantiene la condición con independencia de la predicción de mar y viento existente, resistiendo los correspondientes esfuerzos derivados de la condición sin sufrir daños (dentro de la carga máxima de trabajo establecida en el diseño)
3. El desarrollo de la maniobra de fondeo así como el peso de ésta, deberá permitir la realización de la operación con sencillez.
4. Serán funciones de la línea de fondeo:
   - Traccionar el ancla en la dirección que éste presente el máximo poder de agarre.
   - La línea de fondeo deberá ser fácil de estibar a bordo, facilitando las labores de largado y cobrado.
   - Deberá actuar amortiguando los esfuerzos repentinos, debidos al viento y las olas, sobre el ancla y la embarcación.
5. La determinación del tren de fondeo (conjunto de ancla y línea de fondeo), vendrá dada de la consideración del conjunto de fuerzas intervinientes en la operación; Las debidas a la acción del **viento** y del **mar** sobre la embarcación, y la interacción del ancla con el **fondo** marino, finalmente los **movimientos del barco** debidos a la acción

de las fuerzas aero e hidrodinámicas determinarán la presencia de las correspondientes fuerzas de inercia.

6. Para cualquier tipo de ancla; el poder de agarre, con independencia del tipo de fondo del que se trata, dependerá del cumplimiento de las condiciones siguientes:
   - Del grado de enterramiento de las uñas del ancla, así como de que éste sea simétrico.
   - Que la articulación de las uñas esté en posición abierta.
   - Que las condiciones anteriores se cumplan en situaciones cambiantes en cuanto a solicitaciones.
   - En cualquier condición la caña se ha de mantener paralela al lecho marino.

   Las primeras condiciones deberán darse si el ancla ha sido correctamente diseñado. La última condición responde a la elección de la línea de fondeo.
7. El poder de agarre de un ancla se calcula a partir de la expresión 4.2 y las tablas anexas. La variación en este parámetro debido al levantamiento de la caña del ancla, se determina mediante la expresión de la angulación.
8. En el caso de la línea de fondeo homogénea, su asimilación a una línea catenaria, permitirá determinar los parámetros de establecimiento del fondeo (longitud de cadena a largar), para evitar la situación de " garreo".
9. En el caso de utilizar una línea de fondeo del tipo heterogénea (cabo y cadena), la máxima profundidad en el fondeo para una longitud de cadena dada S, se verá incrementada en el valor de la expresión 5.18.
10. La condición dinámica en el fondeo vendrá dada por la variación en la intensidad y dirección del viento, con la consiguiente variación de las fuerzas de tipo aerodinámico que actúan sobre la embarcación. De igual modo deberemos tener en cuenta la acción de las fuerzas del tipo hidrodinámico y las debidas a la inercia de la embarcación. La tabla 6.1 indica su efecto sobre el fondeo.
11. La utilización de líneas de fondeo del tipo heterogéneo, permite reducir el peso del tren de fondeo (ventaja a la hora de operar el molinete, así como en la condición de navegación de la embarcación), soluciones del tipo 40/60 o 80/20 resultan muy adecuadas en embarcaciones de recreo a vela, tal y como indica la tabla 6.1

8. Bibliografía

1. Carral Couce, L- Particularidades en el diseño de molinetes de anclas destinados a embarcaciones de recreo – Revista de Ingeniería Naval , nº 809, noviembre 2003
2. Coll Alas, M – Fondeo, teoría matemática – Revista de Ingeniería Naval , marzo 1980
3. Comas Turnes, E – Equipo y Servicios – Vol. 1 – Servicio de publicaciones de la Escuela Técnica
4. Fraysse, Alain – Sail rode forces – http:/Alain.Frysse.free.fr/sail/rode/forces.htm
5. Heinz, Earl – The complete book of Anchoring &Mooring
6. Hodges, T – Springer B – Ultimate holding power – Yacthing monthly- diciembre 2007
7. Poiraud, A., Ginsberg-Klemmt A., Ginsberg-Klemmt E. – The completeanchoring handbook – Mc Graw Hill 2008
8. Quereda Laviña, Ramón – Análisis de esfuerzos en la cadena y el ancla de buques fondeados a la gira – Revista de Ingeniería Naval, nº , marzo 2000
9. Sagarra R.M. – Maniobra de los buques – Ediciones UPC Barcelona 1994
10. Shane, Victor – The drag device data base
11. Shewmon, Daniel – The sea anchor & drogue handbook

Desafios para o ressurgimento da cadeia de fornecedores navais no Brasil

Júlio Vicente Rinaldi Favarin
Centro de Estudos em Gestão Naval
julio.favarin@gestaonaval.org.br

Valdir Lopes Anderson
Centro de Estudos em Gestão Naval
valdir.anderson@gestaonaval.org.br

Rodrigo Mota Amarante
Centro de Estudos em Gestão Naval
rodrigo.amarante@gestaonaval.org.br

Alfonso Pires Gallardo
Centro de Estudos em Gestão Naval
alfonso.gallardo@gestaonaval.org.br

Marcos Mendes de Oliveira Pinto
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia Naval e Oceânica
morpinto@usp.br

RESUMO

A indústria naval brasileira ressurge após duas décadas de inatividade, e vive um momento favorável. Existe uma demanda anunciada de mais de 350 embarcações e 50 plataformas, e diversos incentivos: isenções fiscais, financiamento a estaleiros e armadores, um fundo de garantia à construção naval (FGCN), e mobilização política para atração de investimentos e parceiros tecnológicos internacionais. O objetivo do trabalho é contextualizar o ressurgimento da cadeia de fornecedores locais e identificar os problemas existentes neste processo, de forma a orientar o delineamento de políticas públicas de incentivo a este setor. A metodologia do trabalho compreende um levantamento bibliográfico para compreensão do momento histórico desta indústria e entrevistas com agentes do setor para mapeamento do processo de compra dos estaleiros e identificação de problemas. As conclusões do trabalho apontam que os fornecedores nacionais têm um desafio muito grande pela frente: superar a perda da cultura de fornecimento de empresas nacionais para a indústria naval, obter certificação e classificação, melhorar o serviço pós-venda, penetrar nos canais de venda de estaleiros e armadores (que foram internacionalizados) e absorver tecnologia de tecnologia de produto e de processo produtivo.

Palavras-chave: Navipeças; Construção Naval; Cadeia de Fornecedores; Demanda; Políticas Públicas

ABSTRACT

The Brazilian shipbuilding industry resurfaces after two decades of inactivity, and is a favorable moment. There is a demand announcement of more than 350 vessels and 50 platforms, and various incentives: tax exemptions, shipyards and ship owners financing, a shipbuilding guarantee fund (FGCN), and an attracting investment and international technology partner's mobilization policy. The objective of the work is to context the resurgence of the chain of local suppliers and to identify existing problems in this process in order to guide the design of public policies to encourage this sector. The methodology of the work includes a bibliography for understanding the history of this industry and interviews with officials of the sector to map the process of buying the yard and identify problems. The findings of the study indicate that the domestic suppliers have a very difficult challenge ahead: to overcome the loss of culture for the supply of domestic companies to the shipping industry, to obtain certification and classification, to improve the after-sales service, enter in the channels of sales to shipyards and ship-owners (which have been internationalized) and absorb product technology and production process.

Keywords: Parts and Equipments; Shipbuilding; Supply Chain; Demand; Public Policies

Este estudo foi desenvolvido no âmbito de um projeto de pesquisa financiado pela FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) e pela TRANSPETRO (Petrobrás Transporte S.A.).

1. Introdução

A indústria naval brasileira vive um momento favorável a estaleiros e fabricantes de navipeças[1] nacionais. Do ponto de vista da demanda, as encomendas anunciadas pela Petrobras e outros armadores brasileiros já somam mais de 350 embarcações e 50 plataformas[2], e deverão manter a indústria aquecida ao longo da próxima década.

[1] Equipamentos navais

[2] Fonte: Sinaval e CEGN

Os incentivos disponíveis também favorecem o setor. Existem isenções fiscais diversas, financiamento a estaleiros e armadores, um fundo de garantia à construção naval (FGCN), e mobilização política para atração de investimentos e parceiros tecnológicos internacionais.

No entanto, o aproveitamento destas oportunidades para a consolidação da indústria naval brasileira depende da superação de diversos obstáculos. Pode-se citar: a baixa produtividade dos estaleiros, a defasagem tecnológica do país, os problemas relacionados à gestão da produção, a inexistência de uma rede articulada de fornecedores locais, a indefinição de uma estratégia de desenvolvimento para a indústria nacional de transporte aquaviário, dentre outros.

Soma-se a isso a perda da cultura de fornecimento de empresas nacionais para a indústria naval. Hoje, a navipeças brasileira enfrenta problemas com certificação e classificação, serviço pós-venda precário, dificuldade de acesso aos canais de venda (que foram internacionalizados) e ausência (ou dificuldade de obtenção) de tecnologia de produto e de processo produtivo.

Este trabalho tem por objetivo contextualizar o ressurgimento da cadeia de fornecedores no Brasil e identificar os problemas existentes neste processo, de forma a orientar o delineamento de políticas públicas de incentivo a este setor.

A metodologia do trabalho compreende duas abordagens: um levantamento bibliográfico para compreensão do momento histórico desta indústria e entrevistas com agentes do setor[3] para mapeamento do processo de compra dos estaleiros e identificação de problemas.

2. A dinâmica do setor de navipeças no mundo

Oscilações significativas no mercado de fretes marítimos possuem desdobramentos importantes na indústria de construção naval, pois são as expectativas dos armadores em relação à demanda por transporte que orientam a compra de novos navios. Como existe uma defasagem entre a formação dessas expectativas e a entrega do navio, que varia de 3 a 5 anos de fila, é natural que a volatilidade do mercado de fretes seja absorvida e amplificada pela indústria naval, favorecendo o aparecimento de "bolhas".

A navipeças está igualmente sujeita a esses choques. Apesar de receber incentivos governamentais no mundo inteiro, necessita de grande escala produtiva para sobreviver aos

[3] Armadores: Transpetro / Aliança (Hamburg-Sud); Estaleiros: STX Brazil (ex-Aker Promar) / Wilson Sons; Fornecedores: Asvac / Cummins / WEG / PWR / Stemac / Tranter / Tubexpress; Sociedades Classificadoras: BV / RBNA; Projetista: Aker Project (Noruega).

ciclos da indústria. Como exemplo, um estaleiro pode ocupar uma instalação de médio porte com dois ou três navios por aproximadamente um ano. Um fornecedor precisa atender a vários estaleiros (ou vários pedidos) para viabilizar sua produção, e mesmo assim, muitas vezes os mercados internos não são suficientes para sustentar uma cadeia local. Isso favoreceu um movimento de concentração de mercado e de especialização naqueles segmentos que exigem maior conteúdo tecnológico. Em alguns segmentos, as empresas tornaram-se flexíveis e diversificadas, atuando em outros setores concomitantemente de forma a reduzir a dependência da construção naval.

A cadeia de fornecedores tem papel importante na competitividade da indústria naval em um país. Não só é o elo que tem participado ativamente na estratégia de reorganização da produção, com destaque para a redução do número de fornecedores diretos nos estaleiros e exigência de fornecimento *just in time* de sistemas e blocos já pré-montados, como também é a principal indutora de novas tecnologias na indústria, sobretudo devido aos segmentos de propulsão, telecomunicações e navegação.

Se nas décadas passadas um estaleiro comprava matéria-prima e equipamentos para montar o navio, hoje, comprar pacotes de equipamentos e soluções completas tornou-se indispensável para reduzir o tempo de entrega dos navios e manter uma equipe reduzida nos estaleiros. Surge então uma complexa cadeia de fornecedores, que ao mesmo tempo em que envolve diversos países, favorece a criação de APLs (Arranjo Produtivo Local[4]) como forma de facilitar a comunicação e o trabalho conjunto entre os mesmos.

Na indústria naval japonesa, assim como em outros segmentos industriais, observou-se o domínio de toda a cadeia. O índice de nacionalização de seus navios beira os 98%, e há ainda um grande volume de exportações. Na Coréia não é diferente: consegue-se até 90% de conteúdo nacional. Nesses países é forte o desenvolvimento compartilhado de projetos, e o fato de toda a cadeia de suprimentos se localizar no entorno dos estaleiros demonstra a importância da proximidade física.

Enquanto a China desponta como grande construtor naval, importando grande parte de seus insumos da Alemanha, Japão e Coréia, espera-se um aumento progressivo do conteúdo nacional devido à migração de diversos fabricantes para aquele país, buscando os benefícios da mão de obra barata e dos incentivos governamentais. A grande demanda por navios desse

[4] Concentração de empresas relacionadas entre si, numa zona geográfica relativamente definida, que conformam um pólo produtivo especializado com vantagens competitivas.

país é o principal fator de atração, apesar de obstáculos como a dispersão geográfica dos estaleiros e certa deficiência na logística interna.

Em todos os casos a proximidade física entre os estaleiros e seus fornecedores é fator determinante de competitividade. As possibilidades de aglomeração e cooperação entre firmas, sobretudo em regiões produtivas no norte da Europa (tanto no ocidente, em especial, Alemanha e Escandinávia, quanto no oeste, Polônia e Rússia, sobretudo), foram cruciais para a sobrevivência de alguns estaleiros europeus.

Um exemplo expoente é o APL localizado na região de Sunmore, a noroeste da Noruega, onde estão instaladas diversas empresas e entidades do setor marítimo, com ênfase no segmento *offshore*. A Noruega é o país líder mundial em construção de embarcações de apoio *offshore* e detém cerca de 25% desse mercado, seguido pela China, com 17%. Esse sucesso decorre da experiência acumulada desde os primórdios dessa indústria, dos índices de especialização adquiridos pelo alto volume de produção, do domínio de todas as tecnologias envolvidas no ciclo do produto, da presença de fornecedores capacitados com participação ativa no projeto e na construção e, finalmente, do desenvolvimento de APLs orientados às atividades colaborativas.

A valorização da cadeia de fornecedores é crescente na construção naval. Muitos estaleiros têm aumentado a escala produtiva e conquistado importantes fatias de mercado através de uma estrutura terceirizada associada a um alto nível de padronização. Esta tendência está transformando paulatinamente a construção naval em uma indústria de montagem. Em conseqüência disto, as equipes responsáveis pela gestão dos fornecedores e pelos processos de planejamento ganham importância dentro dos estaleiros, na medida em que os sistemas de gerenciamento se tornam mais sofisticados.

O sucesso dessa mudança tem sido comprovado através dos ganhos expressivos de produtividade dos principais estaleiros mundiais nos últimos anos. No final dos anos 90, às vésperas de um novo ciclo de alta da indústria, o estaleiro norte-americano NASSCO[5] concluiu a construção de uma série de 3 navios com 5 meses de antecedência. Esse resultado originou-se a partir da gestão por desempenho de sua cadeia de suprimentos. O estaleiro impôs aos seus fornecedores medidas de controle para o prazo de entrega dos equipamentos. Em média, 90% cumpriam os prazos de entrega depois de implantado o programa.

[5] Estaleiro localizado na Baía de San Diego, na costa oeste. Funciona desde 1960 e é especializado na construção de navios comerciais (tanqueiros, ferries, porta-contêineres) e militares, realizando também a atividade de reparos.

No caso da empresa japonesa Sumitomo, são estabelecidas metas anuais para o setor de compras e aquisições. Esta prática envolve diversas reuniões onde são definidos os objetivos da empresa, tais como a agilidade nas entregas, redução do nível de preços, aumento da geração interna de tecnologia, estreitamento das relações com fornecedores, avaliação dos valores alcançados, entre outros. Dessa forma, são capazes de verificar, ao fim de cada ano, os resultados obtidos de maneira mais clara e objetiva. Traçar metas e objetivos tangíveis permite quantificar os ganhos obtidos com cada prática adotada e avaliar sua evolução.

Nos principais estaleiros mundiais, metade da força de trabalho é terceirizada. Parte substituindo a mão de obra direta e parte realizando tarefas de montagem e comissionamento[6] sob responsabilidade dos fornecedores que respondem pelo design, materiais, peças ou equipamentos e a instalação, entregando um sistema completo pronto para funcionar. No caso dos estaleiros europeus, cerca de 70% do valor adicionado dos navios é diretamente montado (externamente ou na própria área do estaleiro) pelos fornecedores.

Um caso especial é o de fornecedores dos sistemas de propulsão, sobretudo, motores e turbinas. Os sistemas de propulsão e geração de energia (inclusive motores auxiliares) representam, em média, cerca de 1/3 do valor monetário das compras de um navio, superando inclusive o valor de placas de aço e tubos. Dada a importância destes componentes, quase sempre a produção e a instalação destes equipamentos têm um maior grau de integração com os estaleiros.

O aumento no nível de terceirizações só é possível com o fornecimento de pacotes-padrão de sistemas, contando sempre com um intermediário que desenvolve a solução *turnkey* e responsabiliza-se pela instalação e suporte pós-venda.

Pode-se novamente citar o exemplo do estaleiro NASSCO, que terceirizou a confecção e instalação dos revestimentos de isolamento térmico e acústico do interior de suas embarcações. Esse serviço fica a cargo de uma empresa terceirizada, responsável pelo projeto, fabricação e montagem desse sistema. Já a Sumitomo tem um acordo com empresas coreanas que lhes fornece toda a superestrutura.

A decisão de quais processos e produtos devem ser realizados internamente e quais terceirizados é definida pelas empresas através de análises sobre as respectivas competências centrais e levantamento de possíveis sinergias existentes entre os diversos processos.

---

[6] Compreende as atividades de inspeções, testes, calibrações, partida, operação preliminar dos sistemas auxiliares e principais.

O estaleiro italiano Fincantieri conduziu uma análise de suas competências centrais, incluindo a classificação por tipo de produto e levantamento das principais habilidades de seus empregados (abrangendo até o levantamento de suas idades e previsão da aposentadoria dos mesmos). Hoje a empresa mantém foco nas suas atividades de design, arquitetura naval, construção do casco e integração com consumidores, terceirizando as demais atividades, que correspondem a aproximadamente 40% dos custos.

De acordo com o tipo de serviço ou sistema terceirizado, as estratégias adotadas pelas empresas podem ser distintas. Isso leva a uma customização das relações que a empresa passa a ter com seus fornecedores, sem a adoção de um padrão rígido. A figura abaixo ilustra a matriz empregada pelo Fincantieri para classificar seus fornecedores.



Figura 1: Matriz de impacto dos lucros em função dos riscos no fornecimento (Ficantieri)

Através destas classificações, a empresa identifica qual a melhor estratégia a ser adotada no relacionamento com cada fornecedor:

- **Fornecedores estratégicos:** Empresas específicas, escassas no mercado, cujos produtos e serviços respondem por uma grande parcela do valor criado no navio. São planejados cuidadosamente através de pesquisas de mercado e previsões e, principalmente, por alianças e parcerias de longo prazo inclusive no desenvolvimento tecnológico;
- **Fornecedores gargalos:** Também específicos e escassos no mercado, mas com impacto financeiro menor no valor do produto. As empresas geralmente são controladoras deste mercado. Nesses casos os estaleiros devem assegurar os volumes de compras por

contratos, manter estoques de segurança e desenvolver planos secundários, incluindo incentivos ao desenvolvimento de novos fornecedores;

- **Fornecedores influentes:** O valor criado aos estaleiros é significativo, porém existem diversas empresas semelhantes. Na maior parte dos casos as empresas estão sobre grande influência dos estaleiros, que mantêm o poder de barganha. Contratos de curto prazo garantem melhor negociação de preços e otimização no volume das encomendas;
- **Fornecedores não-críticos:** os produtos e serviços não apresentam elevados riscos e retornos ao estaleiro. Escolhem-se as empresas que apresentarem as maiores eficiência no processamento de pedidos.

Recentemente tem-se observado um estreitamento acentuado nas relações entre os estaleiros e os fornecedores classificados como estratégicos e gargalos. Essa prática teve origem na indústria japonesa, cuja mentalidade de negócios sempre favoreceu relacionamentos de longo prazo em uma cadeia.

Nessas alianças e parcerias estratégicas destacam-se as seguintes práticas:

- *Formação de equipes de clientes e fornecedores* com o intuito de melhorar a qualidade do produto e do processo. Fazem parte das atividades desenvolvidas conjuntamente a solução de problemas, o desenvolvimento do design, a eliminação de perdas e a criação de mapas tecnológicos.
- *Integração com fornecedores,* tratando-os como unidades individuais de negócios e envolvendo-os no projeto de novos navios e no planejamento do próprio estaleiro. É comum nestes casos a existência de sistemas de dados integrados que permitam o fluxo contínuo das informações. Desta forma reduzem-se tanto os atrasos de cronograma como os problemas de comunicação.
- *Treinamento de fornecedores* visando à integração e adaptação dos mesmos aos processos de trabalho e ferramentas utilizadas pelo cliente, como *softwares*. Intenta-se aprimorar a comunicação e desenvolver competências na cadeia[7].
- *Criação de novos fornecedores,* para atender demandas específicas. Envolve o desenvolvimento de um projeto-piloto e o auxílio na capacitação das equipes de trabalho.

[7] A Fincantieri oferece treinamento de CAD para fornecedores e a Odense possui um funcionário que trabalha em tempo integral com o treinamento de fornecedores para melhorar seus processos de qualidade

- *Inventário controlado por fornecedores,* que gerenciam os estoques do estaleiro, sendo responsável por garantir um certo nível mínimo para os mesmos, sem que haja necessidade de realizar pedidos. Isso pode ser feito através de visitas regulares dos fornecedores à empresa ou da utilização de sistemas como o *kanban*, pelo qual as encomendas são enviadas automaticamente quando o inventário detecta o nível crítico de estoque.

Em um movimento recente frente à alta generalizada dos preços dos equipamentos navais e, sobretudo do aço, os estaleiros procuram realizar compras consolidadas em busca de melhores preços e do aumento nos prazos para pagamento. A Fincantieri também utiliza esse tipo de prática, associando-se a um grupo de estaleiros europeus que compra materiais em larga escala (EUROSHIP). Segundo divulgado, as reduções médias nos custos, em 1997, chegaram a 12% com perfis de aço, 13% com tubos de aço, 17% com cabos elétricos e 4,5% com âncoras e amarras.

3. O setor no Brasil

A construção naval de grande porte no Brasil começa a ser viabilizada somente na segunda metade do século XX durante o governo de Juscelino Kubistschek. Fortes estímulos industrializantes foram criados através do Plano de Metas, cujos principais setores beneficiados pelos investimentos previstos eram o de Energia e Transportes.

O início das políticas de desenvolvimento da indústria naval ocorreu através da Lei 3.381, de abril de 1958, conhecida como a Lei do Fundo da Marinha Mercante (BNDES, 2002). Os principais objetivos eram criar um fundo originador de recursos para a renovação da frota mercante nacional, garantindo a continuidade das encomendas e fomentando as exportação de embarcações.

Surgiram então os primeiros estaleiros nacionais com tecnologia japonesa (Ishibras – IHI), holandesa (Verolme), alemã e inglesa (Mauá, Caneco e Emaq – Eisa). Na primeira encomenda, o índice de nacionalização atingiu pouco mais de 60%. Iniciou-se no país um processo de qualificação de mão-de-obra e desenvolvimento da cadeia de suprimentos, chegando a se fabricar no país inclusive motores-principal de diferentes marcas[8] e hélices, dentre outros equipamentos.

[8] Em 1964, sob licença da Sulzer, é iniciada a construção de motores principais pela Ishibrás. Em 1966 inicia-se a construção de motores por outras empresas: Indústrias Villares, sob licença da Burmeister& Wein, e Mecânica Pesada, sob licença da MAN. Mais tarde, a Ishibrás produziu também motores sob licença da Daihatsu Diesel Manufacturing, SEMT-Pielstick e Wartsilla.

Durante o final da década de 60 e início dos anos 70, o governo do Presidente Costa e Silva implantou um novo ciclo de investimentos em infra-estrutura e novas políticas para o desenvolvimento do setor naval brasileiro, como o Plano de Emergência de Construção Naval (1969-1970) e os dois Programas de Construção Naval (1971-1980).

Em 1977, o estaleiro Mauá chegou a projetar e produzir uma classe de navios graneleiros. No auge deste período, a indústria de construção naval brasileira representou cerca de 3,5% da produção mundial de embarcações[9] e empregou cerca de 40.000 pessoas diretamente.

Havia também restrições à importação de componentes que tivessem similar nacional. Num primeiro momento, esta política significou o surgimento de fornecedores locais mas sem estímulos para a diminuição progressiva dos custos ou desenvolvimento de novas tecnologias. Apoiado sobre a proteção de mercado, o produto brasileiro passou a ter preço muito superior e, não raramente, qualidade inferior ao internacional. Isso fez com que esta indústria não se sustentasse por si só quando as encomendas governamentais se encerraram.

Durante uma década, a indústria vivenciou uma trajetória decadente. Os principais motivos foram o esgotamento financeiro do setor público, a difusão de práticas obtusas no setor, o surgimento de novos *players* internacionais (com destaque para a Coréia do Sul, com vantagens superiores às brasileiras), a significativa retração da demanda mundial e nacional e uma grande crise financeira nos estaleiros brasileiros, incapazes de sustentar os investimentos necessários em modernização e gestão. Na verdade, a abundância de financiamento no período anterior e o critério de financiamento por "cost plus", nunca incentivaram práticas de gestão eficiente, exceto no que diz respeito ao aumento de produtividade. Os poucos fabricantes de equipamentos que sobraram tiveram que reduzir seu tamanho e buscar outros setores de atuação. Não havia mais escala para se produzir quase nada no Brasil.

Na segunda metade da década de 1990, as demandas crescentes do setor de petróleo e gás natural por plataformas e embarcações de apoio deram novamente à construção naval algum fôlego. Além disso, o Programa Navega Brasil, lançado pelo governo federal no final do ano 2000, aumentou o financiamento e o prazo de pagamento para os armadores e estaleiros.

Um novo ciclo iniciou-se em meados da década atual com o anúncio do PROMEF pela Transpetro, seguido por diversas encomendas de outros armadores que acumularam grandes somas no FMM na década de 90, mas sem poder utilizá-las por falta de capacidade instalada nos estaleiros locais.

---

[9] Segundo base da Lloyd's, no período 1978-2006, a melhor posição do Brasil entre construtores foi 7º lugar em número de navios construídos e 6º em CGT no ano de 1981, auge daquela fase da construção naval brasileira.

Várias são as justificativas para os vultosos investimentos que estão sendo feitos: segundo relatório da Transpetro, sua frota atual é de 51 navios próprios com algumas embarcações muito antigas, insuficiente para atender sua demanda. A Petrobras também conta com uma frota reduzida, o que acarreta em custos de cerca de USD 10 bilhões com fretamento, dos quais menos de 4% são pagos por firmas brasileiras. Outro *driver* que impulsiona a indústria local é a política de conteúdo nacional para a exploração de petróleo na costa brasileira, que tem se intensificado nos últimos anos. Além disso, com a descoberta do pré-sal que pode elevar as reservas provadas de 16 bilhões de boe para mais de 100 bilhões, haverá um incremento significativo na demanda para estaleiros e fornecedores brasileiros. Diante desse cenário, os anúncios de aquisição de novas embarcações é justificado.

A figura abaixo mostra a evolução dos empregos gerados pelo setor naval brasileiro.

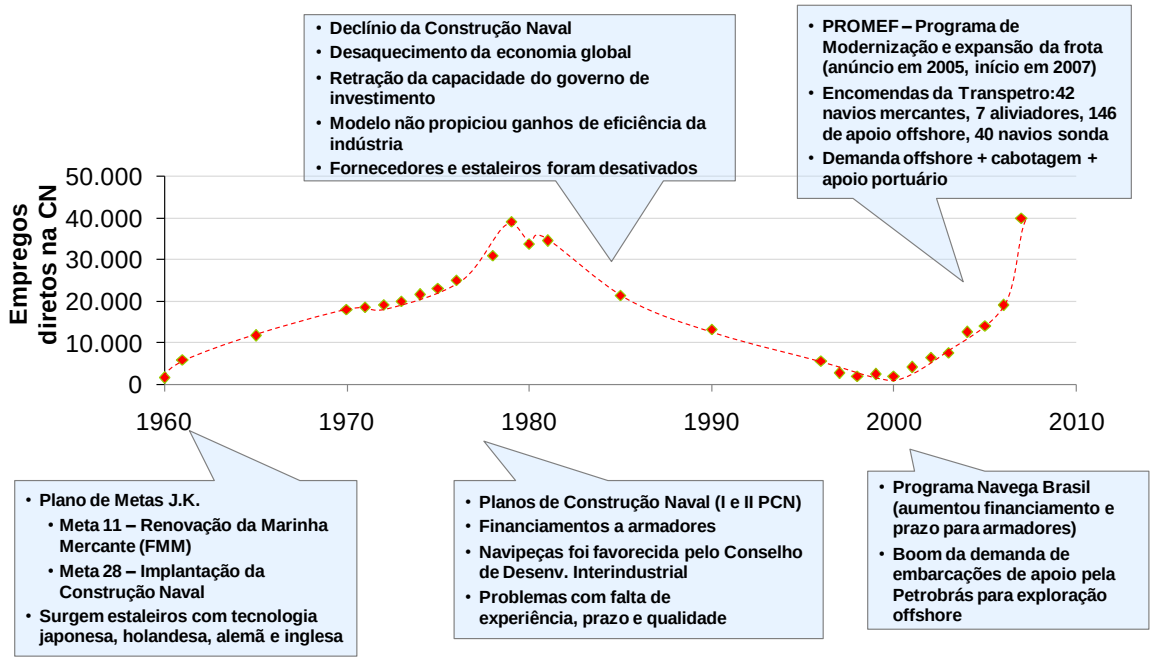


Figura 2: Evolução do nível de atividades da construção naval no período entre 1960 e 2008

Atualmente, o sistema de compras dos armadores e dos estaleiros está formatado para direcionar automaticamente pedidos a fabricantes estrangeiros e não considera os fornecedores nacionais, inclusive não mantendo estrutura adequada sequer para avaliar a possibilidade de fornecedores locais. Além disso, na visão desses compradores, as empresas brasileiras ainda não atingiram um nível de competitividade e de padrões de qualidade internacionais e, por isso, as exigências para se comprar localmente são maiores.

Por diversas vezes a Petrobras/Transpetro demonstrou sua insatisfação frente a problemas com materiais e equipamentos adquiridos de fabricanes nacionais, com pouca ou nenhuma capacidade de assistência técnica em nível mundial, baixas qualidade e confiabilidade e atrasos freqüente das datas de entrega. Essa situação levou a empresa a uma política de pré-seleção e sobre-especificação, que restringe o número de empresas aptas a prover equipamentos e sistemas para seus navios e acumula a exigência dos requisitos dos equipamentos. Esse movimento favoreceu empresas transnacionais com tradição no mercado e estrutura global de serviços.

Dessa maneira, a reestruturação e a modernização da cadeia de suprimentos do setor naval aparecem como dificuldades a serem vencidas internamente pela indústria.

4. O processo de compras dos estaleiros

As demandas iniciais do mercado *offshore* forçaram os primeiros estaleiros a fazerem parcerias com firmas estrangeiras, quando não foram comprados. Era necessário adquirir o projeto, equipamentos e *know-how* de construção de embarcações de apoio. Naquele momento, a única forma de se produzir navios era importando o pacote tecnológico completo, com soluções testadas, certificadas e aprovadas pelo mercado. A entrada é mais rápida, porém, não cria as bases para a melhoria progressiva, pois o patamar tecnológico já está estabelecido e não há um aprendizado significativo nesse processo.

Usualmente, os projetos de rebocadores e barcos de apoio aqui construídos contemplam um *vendor list*, ou seja, uma lista de fornecedores habilitados a aprovisionarem cada tipo de equipamento. Em muitos casos, o projeto inclui um *material pack*, no qual equipamento, fornecedor, preço e condições do fornecimento estão pré-definidos. No primeiro caso, o estaleiro tem alguma liberdade para escolher uma solução dentro de um conjunto proposto, podendo barganhar preço de acordo com lotes e condições. No segundo caso, o que ocorre na prática é a terceirização das compras para a empresa de projeto.

No caso de estaleiros multinacionais, é comum que o setor de compras seja sediado na matriz e que sejam negociados grandes lotes de equipamentos para todas as suas subsidiárias. Nos nacionais, aqueles que compram o *material pack* beneficiam-se de parte dos ganhos de escala da empresa de projeto, que, assim como no caso anterior, centraliza as compras para todos os seus parceiros.

Pode-se definir uma seqüência de procedimentos, em nível nacional, que define a escolha de um dado fornecedor e pode ser visto na Figura 3.

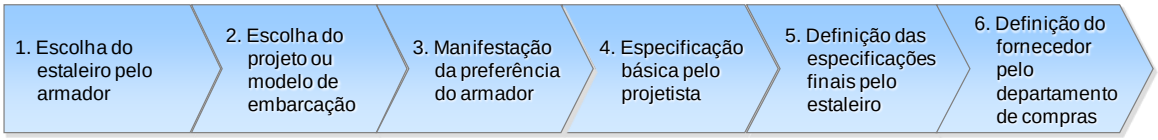


Figura 3: Procedimento de escolha de um fornecedor

Vale notar que essa estrutura é particular ao Brasil, visto que, no exterior, a seqüência mostra-se invertida: o fornecedor procura certificar-se, de maneira a cumprir as severas exigências de mercado para, então, traçar estratégias de marketing a fim de dar visibilidade aos seus produtos. Só a partir disso, mostrando suas capacidades, consegue tornar-se apto a fornecer para a indústria de construção naval.

Cada uma dessas etapas pode ser restritiva a uma série de fornecedores. Por exemplo, dependendo do estaleiro escolhido pelo armador, as etapas de 2 a 6 podem estar pré-definidas. A grande maioria trabalha com apenas um projetista, como é o caso daqueles associados a grupos internacionais ou que possuam parceria com projetistas independentes.

Projetistas internacionais são os mais freqüentes no Brasil: europeus e norte-americanos, para navios de apoio e rebocadores, e japoneses e coreanos, para os grandes cargueiros que serão construídos nos próximos anos. É facilmente defensável a necessidade de desenvolvimento de projetos no Brasil, como forma de aproximar-se da vanguarda tecnológica e possibilitar a inserção de empresas nacionais nesse processo; por outro lado, outros afirmam que esta indústria não permite muita diversificação e que tais produtos serão mesmo dominados por poucas empresas.

Outra influência decisiva sobre a escolha dos fornecedores é a classificação do navio, que, apesar de não implicar necessariamente na eliminação de um fornecedor pode beneficiar fortemente aquele previamente classificado. As entrevistas realizadas apontaram para esta questão como crítica na exclusão de fornecedores brasileiros das concorrências nacionais.

O armador pode influenciar na escolha dos principais sistemas e componentes do navio: propulsão (motores principal e auxiliares), geração de energia, controle e navegação, etc. Comumente, essa escolha limita-se aos motores principal e auxiliar, ao grupo gerador e aos equipamentos do passadiço. Sua preferência por determinado fornecedor está em manter uma padronização de sua frota, facilitando contratos de manutenção e docagem, diminuindo o estoque de sobressalentes, aumentando a familiaridade da tripulação e a garantindo a confiabilidade do navio. Mesmo os projetistas que possuem pacotes fechados ofereçam mais de uma opção de motores, por exemplo.

Na especificação básica, há um forte processo interativo entre armador, estaleiro e projetista. O projetista apresenta sua base de fornecedores, o armador evidencia suas preferências e o estaleiro faz suas considerações. Quando este rol de possibilidades não é suficiente para o armador, pode haver a inclusão de novas opções, geralmente intermediadas pelo armador ou pelo estaleiro. Eventualmente, as soluções propostas passam a ser oferecidas pelo projetista em nível mundial, o que constitui grande oportunidade de bons negócios[10].

Neste ponto pode haver interesse explícito do armador por obter um maior nível de nacionalização. Os financiamentos do FMM geralmente oferecem taxas de financiamento progressivas, inversamente propocionais ao índice de nacionalização, que varia entre 50% e 70% do preço de venda da embarcação.

O departamento de compras tem a função de garantir que o estaleiro receba exatamente o que foi definido na especificação de projeto. Não cabe a ele buscar soluções inovadoras.

No caso de equipamentos simples e padronizados, a busca por opções no mercado é tão grande quanto permitam a estrutura do departamento de compras e a demanda do estaleiro. Equipamentos específicos são direcionados para o fornecedor, ou para o grupo de fornecedores, com que o construtor está acostumado a trabalhar.

5. Conclusões

O cenário promissor da indústria naval brasileira e o conjunto de políticas públicas de incentivo e de conteúdo local criam um ambiente propício ao surgimento e consolidação de uma cadeia de fornecimento de navipeças brasileira.

Exemplos no mundo mostram que a presença de fornecedores locais é fator importante para a competitividade de estaleiros. O índice de nacionalização de navios japoneses e coreanos é superior a 90%. Nesses países é forte o desenvolvimento compartilhado de projetos, e o fato de toda a cadeia se localizar no entorno dos estaleiros demonstra a importância da proximidade física. Na Europa, a formação de APLs é considerado uma dos pilares que mantém uma indústria intensiva em mão-de-obra em uma região de salários elevados.

---

[10] A WEG, indústria brasileira, observou uma oportunidade ao fornecer alguns componentes para um navio do grupo Wilson, Sons, armador brasileiro com estaleiro próprio em Guarujá, São Paulo. Participou do projeto de uma nova série de embarcações de apoio *offshore* junto à projetista holandesa Damen. Para isso foi necessário criar um grupo de projeto focado na indústria naval, integrar diversos fornecedores locais e entregar a solução completa do sistema elétrico (quadros de força, painéis elétricos, controladores, acessórios e motor elétrico do propulsor azimutal). Com isso fechou 8 contratos no valor aproximado de USD 20 milhões e passou a fazer parte do *vendor list* mundial da Damen.

Os fornecedores nacionais têm um desafio muito grande pela frente: superar a perda da cultura de fornecimento de empresas nacionais para a indústria naval. Atualmente, o sistema de compras dos armadores e dos estaleiros não considera os fornecedores nacionais, inclusive não mantendo estrutura adequada sequer para avaliar a possibilidade de fornecedores locais. Além disso, na visão desses compradores, as empresas brasileiras ainda não atingiram um nível de competitividade e de padrões de qualidade internacionais e, por isso, as exigências para se comprar localmente são maiores. Hoje, os principais problemas da navipeças brasileira são: a obtenção de certificação e classificação, serviço pós-venda precário, dificuldade de acesso aos canais de venda (que foram internacionalizados) e ausência (ou dificuldade de obtenção) de tecnologia de produto e de processo produtivo.

6. Bibliografia

Amarante, R.; Favarin, J.; Furtado, J. (2008) *A ascensão da indústria ferroviária no Brasil: importância para a logística nacional e lições para a navipeças*. 22o. Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore – SOBENA 2008. Rio de Janeiro: Anais do Congresso.

Coutinho, L., Sabbatini, R., & Ruas, J. A. (2006). *Forças atuantes na indústria naval.* Disponível em: Centro de Estudos em Gestão Naval: www.gestaonaval.org.br

Favarin, J.; Anderson, V.; Amarante, R.; Furtado, J.; & Pinto, M. (2008). *Estratégia para a Navipeças Brasileira*. Disponível em: Centro de Estudos em Gestão Naval: www.gestaonaval.org.br

Pasin, J. (2002). *Indústria Naval do Brasil: Panorama, Desafios e Perspectivas*. Revista do BNDES, V.9, N.18. Rio de Janeiro.

Pinto, M., & Colin, E. (2006). *Avaliação de Nichos de Mercado Potencialmente Atraentes ao Brasil.* Disponível em: Centro de Estudos em Gestão Naval: www.gestaonaval.org.br

Pinto, M.; Colin, E.; Favarin, J.; Akao, D.; Oura, F. (2007) *Avaliação do Desempenho Financeiro dos Estaleiros Mundiais a partir de diferentes Estratégias Produtivas*. XX COPINAVAL 2007. São Paulo: Anais do Congresso.

SINAVAL – Sindicato Nacional da Indústria da Construção e Reparação Naval e Offshore (2009). Cenário 2009 – Apresentação. Disponível em: www.sinaval.org.br.

Teles, P. C. (2001). História da Construção Naval no Brasil. Rio de Janeiro: Fundação de Estudos do Mar.

Avaliação da capacidade da infra-estrutura de armazenagem para os granéis agrícolas produzidos no Centro-Oeste brasileiro

Alfonso Pires Gallardo
Centro de Estudos em Gestão Naval
alfonso.gallardo@gestaonaval.org.br

Bruno Stupello
Centro de Estudos em Gestão Naval
bruno.stupello@gestaonaval.org.br

David Joshua Krepel Goldberg
Centro de Estudos em Gestão Naval
david.goldberg@gestaonaval.org.br

João Stefano Luna Cardoso
Centro de Estudos em Gestão Naval
joao.cardoso@gestaonaval.org.br

Marcos Mendes de Oliveira Pinto
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia Naval e Oceânica
morpinto@usp.br

RESUMO

A capacidade estática de armazenagem atual no Brasil é inferior ao nível recomendado pela FAO (Fundação da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação), em cerca de 70 Mt, e não responde ao crescimento acentuado da produção agrícola observado recentemente e nem às mudanças na distribuição geográfica.

Possuir capacidade de armazenagem adequada e bem distribuída é de grande importância para a harmonização do escoamento da produção agrícola, diminuindo o congestionamento da cadeia, e possibilitando a obtenção de melhores preços de venda, evitando as baixas cotações dos períodos de safra.

Esse estudo avalia a evolução da capacidade de armazenagem no país, faz o balanço com a produção agrícola de cada região, e analisa as influências da dinâmica do agronegócio nacional na questão da armazenagem. Com o foco na região Centro-Oeste, identifica-se a

necessidade de investimentos em capacidade de armazenagem para cada microrregião[1] dos estados que a compõe, com base no crescimento projetado da produção agrícola.

Como resultado da expansão da produção de granéis no Centro-Oeste, será necessária uma expansão de 175 Mt de capacidade de armazéns na região, que deverão se concentrar principalmente no noroeste do Mato Grosso e no sul de Mato Grosso do Sul e de Goiás.

Palavras-chave: Logística; Granéis Agrícolas; Centro-Oeste; Armazenagem; Infra-estrutura

ABSTRACT

The present Brazilian static storage capacity is lower than the level recommended by FAO (The Food and Agriculture Organization of the United Nations) in about 70 Mt, and does not respond to sharp growth in agricultural production neither the recently observed changes in geographical distribution.

Having adequate and well-distributed storage capacity is very important to the harmonization of the flow of agricultural production, reducing the congestion in the chain, and enabling the achievement of improved selling prices, avoiding the periods of low crop prices.

This study examines the evolution of storage capacity in the country, takes stock with the production of each region, and examines the influences of the dynamics of agribusiness in the national issue of storage. With the outbreak in the Midwest region, the need for investment in storage capacity for each sub-states is identified, based on projected growth in agricultural production.

As a result of the expansion of production of bulk in the Midwest will require an expansion of 175 million tons of storage capacity in the region, which will focus mainly in northwestern Mato Grosso and the south of Mato Grosso do Sul and Goiás

Keywords: Logistic; Bulk Agricultural; Brazilian Midwest; Storage; Infrastructure.

Este estudo foi desenvolvido no âmbito de um projeto de pesquisa financiado pela FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) e pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

[1] O IBGE divide os estados da federação em microrregiões compostas de municípios vizinhos, com base em critérios de similaridades econômicas e sociais.

1. Introdução

A capacidade de armazenar grandes quantidades de granéis é de fundamental importância para a cadeia logística de escoamento da produção agrícola, por dois principais motivos: possibilita a venda do produto em melhores épocas para sua comercialização (melhores preços e menores custos com transporte) e evita o congestionamento da cadeia em períodos de safra, especialmente os portos.

No Brasil, a capacidade estática de armazenagem é inferior à produção de granéis agrícolas, 120 Mt ante uma 160 Mt de grãos produzidas em 2007. Considerando-se a recomendação da FAO para que a capacidade estática de armazenagem de um país seja igual a 1,2 vezes sua produção agrícola anual, o nível indicado para o Brasil é de cerca de 190 Mt de capacidade, o que corresponde a um déficit nacional de capacidade da ordem de 70 Mt.

A situação é ainda mais alarmante por que a produção agrícola vem crescendo em ritmo mais acelerado do que a capacidade de armazenagem. No período entre 1990 e 2007, a primeira cresceu em média 6,16% a.a., enquanto o segundo apresentou crescimento médio de apenas 2,85% a.a.

A Região Centro-Oeste (Figura 1) representa cerca de 30% da área plantada do país e apresenta as maiores taxas de crescimento da produção agrícola dentre todas as regiões. A região deve, portanto, ser foco de atenção e de planejamento, para garantir que a capacidade de armazenagem seja suficiente para atender aos volumes de produção previstos e para evitar futuros gargalos logísticos.



Figura 1: Localização da região Centro-Oeste

O objetivo do trabalho consiste em avaliar a capacidade de armazenagem no país, especialmente a do Centro-Oeste, e projetar a necessidade de novos investimentos em armazéns, identificando as localidades mais críticas da região.

2. A dinâmica do agronegócio nacional

A análise da infraestrutura brasileira de armazenagem de grãos passa necessariamente pela compreensão da dinâmica do mercado agrícola nacional. O mercado de alguns dos principais produtos agrícolas brasileiros é quase totalmente controlado pelas *tradings* multinacionais de commodities. Empresas como a Bunge, Cargill e ADM concentram cerca de 60% do mercado da soja, somente a Cargill detém 40% do mercado de milho e 60% do mercado de açúcar também está nas mãos das principais *tradings*.

Tais empresas participam de toda a cadeia produtiva e da comercialização dos granéis agrícolas. Têm suas próprias unidades de armazenagem e transbordo espalhadas pelas regiões produtoras, geralmente localizadas próximas a rotas de escoamento, de onde os produtos seguem para suas unidades de processamento ou para a exportação.

As grandes *tradings* atuam também junto aos produtores para garantir produto para suas unidades de processamento e para exportação. A relação com os produtores se dá de duas formas principais: as *tradings* podem atuar como agentes financiadores da produção, fornecendo crédito para a compra de insumos e o plantio, mas impondo como uma das condições do financiamento a comercialização da produção com a própria empresa; de outra forma, as *tradings* comumente firmam contratos com os produtores em períodos bem anteriores à colheita, utilizando-se da modalidade de contratos “a fixar”, em que o preço de venda dos grãos é definido de acordo com a cotação na BM&F (Bolsa de Mercadorias e Futuros) no momento da efetivação da compra. Nesse caso, costuma ser fixado um período, de cerca de duas semanas a um mês, para que o produtor defina o momento de realização da transação. Mesmo assim, esses períodos, intitulados de janelas, concentram-se no período de safra dos produtos, quando sua cotação encontra-se em baixa.

Tais medidas reduzem os riscos do produtor, mas, da mesma forma, diminuem suas possibilidades de ganho e negociação de preços melhores. Somam-se a isso a aversão ao risco por parte de parcela significativa dos produtores, devido às grandes oscilações nos preços de commodities agrícolas, e a necessidade de capital para o plantio da safra seguinte, que fazem com que muitas vezes os produtores não invistam em capacidade de armazenagem, que poderia lhes proporcionar melhores preços de venda a seus produtos.

3. Perfil da armazenagem no Brasil

A partir de 1971, o Governo Federal iniciou uma política de controle da inflação através da criação de estoques públicos de gêneros alimentícios. Tal ação tinha como objetivo minimizar o impacto que a sazonalidade da produção agrícola tinha sobre a economia nacional. Esta medida fez com que a maioria dos grandes armazéns fossem controlados pelo Estado. Contudo, desde a década de 90, após o controle inflacionário, a administração de grande parte da infraestrutura de armazenagem passou à iniciativa privada.

O Governo Federal, através da CONAB[2], tem monitorado os estoques nacionais de granéis pelo Cadastro Nacional de Unidades Armazenadoras (CNUA). Apesar da obrigatoriedade do cadastro (Lei 9.973/2000 e Decreto 3.855/2001), a CONAB tem, através de mutirões de cadastramentos, realizado esforços para atualizar o CNUA.

O histórico de privatizações modificou o perfil proprietário dos armazéns nacionais, fazendo com que o papel da iniciativa privada ganhasse importância. O Gráfico 1 revela o atual panorama do setor.

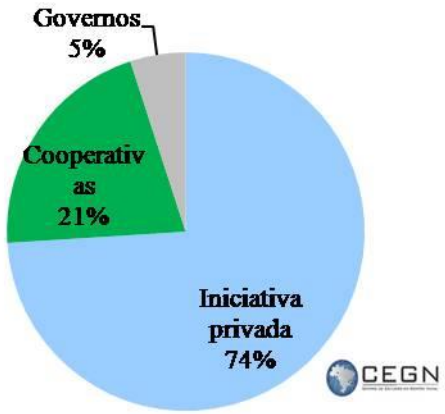


Gráfico 1: Propriedade dos armazéns nacionais. Fonte: CONAB.

No Brasil, a infraestrutura de armazenamento de grãos é constituída em grande parte por unidades específicas para armazenagem a granel (silos), que respondem por 78% da capacidade total. Os outros 22% são constituídos por armazéns convencionais, que utilizam sacas e fardos para o armazenamento do produto, apresentando desvantagens na conservação e operações de carga e descarga dos grãos em relação ao sistema de silos.

[2] CONAB: Companhia Nacional de Abastecimento

O crescimento do plantio de soja, principal produto agrícola do país, tem contribuído para a expansão do modelo graneleiro de armazéns, que em 2005 correspondia por 51% da capacidade estática total.

Ainda com relação à classificação dos armazéns, pode-se dividi-los em quatro categorias, utilizando como critério a localização. Armazéns localizados em regiões produtoras são aqueles estabelecidos no interior das propriedades, geralmente pertencentes a grandes produtores, uma vez que o investimento necessário para sua construção é elevado. Os armazéns das zonas rurais são, em geral, consolidadores de cargas provenientes de diferentes produtores e localizam-se nas proximidades de rodovias, ferrovias ou hidrovias para facilitar o escoamento dos produtos. O terceiro tipo de armazéns consiste naqueles localizados em áreas urbanas, cuja principal função é atender à demanda interna, servindo a unidades industriais de processamento. Por fim, têm-se os armazéns situados em portos, que possuem uma função diferente dos demais. Não servem como unidades armazenadoras da produção, mas como mecanismos de apoio às operações de carga e descarga das embarcações, consolidando as cargas. Os armazéns portuários chegam a apresentar um giro anual de capacidade estática em torno de 20 vezes, exemplo do Porto de Santos. Esse número é muito superior à média das outras três categorias, que muitas vezes não ultrapassam giro anual de uma vez a capacidade estática. A Figura 2 apresenta alguns exemplos das categorias de armazéns.



Figura 2: Armazéns portuário, urbano, rural e interior (sentido horário)

A capacidade estática nacional está distribuída da seguinte maneira: 15,1% estão localizados internamente às unidades produtoras, 31,9% em áreas rurais externas às fazendas, 47,4% em

áreas urbanas e os 5,6% restantes em zonas portuárias[3]. A reduzida capacidade de armazenagem dos produtores impede que os mesmo possam vender seus produtos a melhores preços na época de entressafra. Isto não é realidade em outros países. Na Austrália, a estocagem na própria unidade produtora é de 85% da capacidade estática total, 65% nos EUA, 50% em média na Europa, 40% na Argentina e 35% no Canadá.

A diminuta parcela de armazenagem localizada nas próprias unidades produtoras no Brasil faz com que os produtores tenham pouca margem para buscar melhores preços para seus produtos, uma vez que a baixa disponibilidade de armazéns os impede de estocá-los, forçando a venda na safra, período do ano em que a cotação dos grãos atinge os menores patamares. Ademais, este panorama acentua o congestionamento da cadeia logística, uma vez que a maior parte da produção é escoada das regiões produtoras no mesmo período, dada a inexistência de infraestrutura de armazenagem suficiente.

4. Capacidade de armazenagem *vs* produção agrícola

Essa seção compara a capacidade de armazenagem com o volume de produção agrícola, com o intuito de identificar as localidades que necessitam de maiores investimentos em infra-estrutura de armazéns.

4.1. O déficit de capacidade nacional

Atualmente, o Brasil detém uma capacidade estática de armazenagem inferior ao volume de sua produção de grãos, o que é agravado pelo fato de que a produção cresce a uma velocidade superior à da capacidade estática. Isso gera a perspectiva de um cenário negativo em um futuro próximo, caso não haja investimentos no setor.

No Gráfico 2, pode-se comparar o volume anualmente produzido de grãos e a capacidade estática total do Brasil, desde 1991 até 2007.

[3] Dados de 2006. FONTE: CONAB

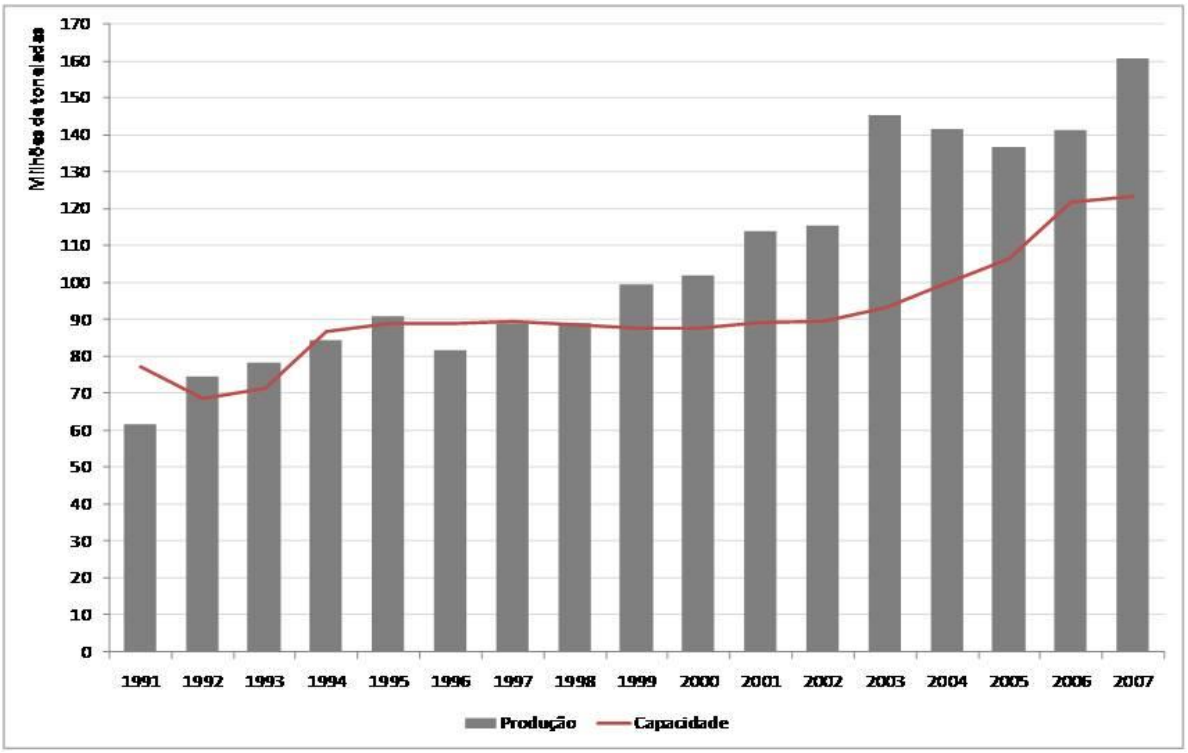


Gráfico 2: Produção de granéis agrícolas *vs* capacidade de armazenamento no Brasil, desde 1991 até 2007. Fonte: CONAB.

Nota-se que, no período analisado, a capacidade de armazenagem tem crescido em ritmo mais lento que a produção agrícola no país, o que resultou no grande déficit atual de capacidade, da ordem de 70 Mt. Entre 1991 e 2007, enquanto a capacidade dos armazéns cresceu em média 2,85% a.a., a produção de grãos agrícolas avançou a uma taxa média de 6,16% a.a.

Além da insuficiência da capacidade estática total, os armazéns são distribuídos de forma desigual no território brasileiro. A capacidade de armazenagem no país concentra-se na Região Centro-Sul, havendo apenas 7,8% do total nas regiões Norte e Nordeste. Tal concentração está relacionada com o histórico da produção agrícola em cada região do país, mas, dessa forma, novas fronteiras agrícolas nos estados mais ao norte do país carecem de infraestrutura adequada para o armazenamento da produção. A região que mais concentra armazenagem é a Região Sul, com 41% do total. Contudo, a sua participação vem diminuindo, em virtude principalmente da expansão mais acentuada da armazenagem na Região Centro-Oeste, que já responde por 35% do total do país. O Nordeste também tem expandido sua capacidade de armazenagem significativamente nos últimos anos, com um crescimento de 25% a.a. desde 2001, apesar da baixa representatividade sobre o total (5,9%). Na Tabela 1, pode-se comparar a evolução da capacidade de armazenamento de cada região.

Tabela 1: Evolução da divisão regional da capacidade de armazenagem de granéis agrícolas.

Fonte: CONAB.

Divisão regional da capacidade de armazenagem	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008(*)
Norte	1,7%	1,7%	1,7%	2,1%	2,0%	1,9%	1,9%	1,9%
Nordeste	4,7%	4,4%	4,3%	5,5%	5,4%	5,6%	5,7%	5,9%
Centro-Oeste	31,9%	32,0%	32,8%	32,0%	31,5%	34,5%	34,4%	35,0%
Sudeste	17,2%	17,1%	16,4%	16,9%	16,3%	16,5%	16,6%	16,2%
Sul	44,4%	44,8%	44,8%	43,7%	44,8%	41,5%	41,5%	41,0%

O aumento da representatividade das Regiões Centro-Oeste e Nordeste na capacidade estática nacional é reflexo da acentuada expansão da produção de granéis agrícolas em tais Regiões. Entre os anos de 2001 e 2008 o crescimento anual médio da produção agrícola foi de 16,9% no Nordeste e de 13,6% no Centro-Oeste. Outra região que apresentou forte crescimento na produção foi o Sudeste (13,9% a.a.), onde, entretanto, a expansão da capacidade de armazenamento não se deu às mesmas taxas. As regiões Norte e Sul apresentaram crescimento mais modesto na produção de granéis, respectivamente 9,6% a.a. e 6,5% a.a. A evolução da produção de granéis e a taxa média de crescimento anual para cada região estão dispostas na Tabela 2.

Tabela 2: Crescimento da produção de granéis agrícolas por região. Fonte: CONAB

Produção de granéis agrícolas (Mt)	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	CAGR
Norte	2,2	2,2	2,9	3,6	4,1	3,5	3,4	9,2%
Nordeste	9,0	9,4	11,3	13,2	13,7	12,7	13,1	16,9%
Sudeste	23,0	27,2	31,8	34,1	35,6	34,3	37,3	13,9%
Sul	50,9	44,9	60,5	50,5	40,5	50,0	62,3	6,5%
Centro-Oeste	28,6	31,5	38,6	40,0	42,6	40,4	44,2	13,6%

Analisando-se separadamente cada região do país, pode-se constatar que em todas elas a produção de granéis é superior à capacidade de armazenamento. A situação mais crítica se encontra na região Nordeste, onde a capacidade estática se resume a 53,5% da produção, seguida pelo Sudeste com 54,8%, Norte com 67,0% e Sul 82,1%. O Centro-Oeste é a região cuja capacidade de armazenagem mais se aproxima da produção agrícola, correspondendo a 96% desta. Na Figura 3, pode-se identificar o déficit regional de capacidade de armazenamento.

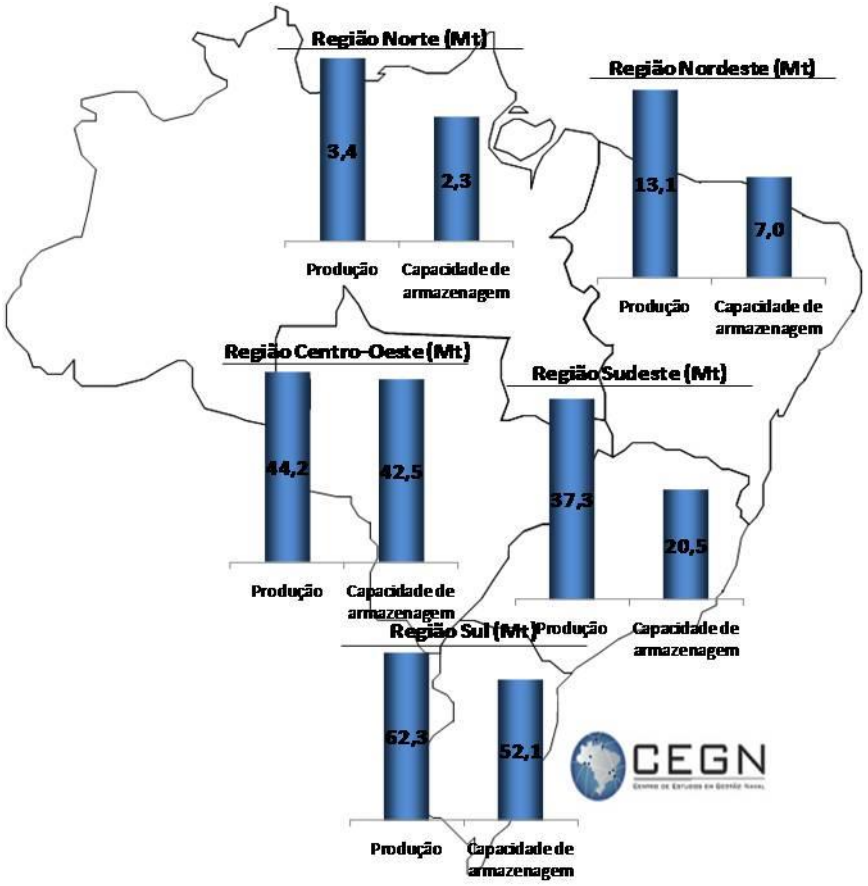


Figura 3: Produção de granéis agrícolas vs. capacidade estática de armazenagem por região

Tabela 3: Determinação do déficit atual de capacidade de armazenagem por região [Mt]

Região	Produção agrícola	Capacidade estática de armazenagem	Capacidade recomendada FAO	Déficit de capacidade	Déficit %
Norte	3,4	2,3	4,1	1,8	44%
Nordeste	13,1	7,0	15,7	8,7	55%
Centro-Oeste	44,2	42,5	53,0	10,5	20%
Sudeste	37,3	20,5	44,8	24,3	54%
Sul	62,3	52,1	74,8	22,7	30%

4.2. O déficit de capacidade no Centro-Oeste

Com uma produção de granéis agrícolas superior a 44 Mt, em 2007, ante uma capacidade estática de 42,5 Mt, o Centro-Oeste, dentre todas as regiões brasileiras, apresenta a menor diferença entre a capacidade de armazenagem e a produção agrícola. Contudo, considerando-se o índice recomendado pela FAO, há atualmente um déficit da ordem de 10,5 Mt.

Deve-se, ainda, analisar de uma forma mais detalhada a distribuição da infraestrutura de armazenamento, uma vez que armazéns geograficamente bem distribuídos de acordo com o perfil de produção de cada região garantem menor congestionamento da cadeia logística. Desta forma optou-se por dividir a região Centro-Oeste em suas microrregiões e identificar o déficit[4] local para cada uma delas. Na Figura 4, pode-se observar a comparação atual entre produção e capacidade locais.

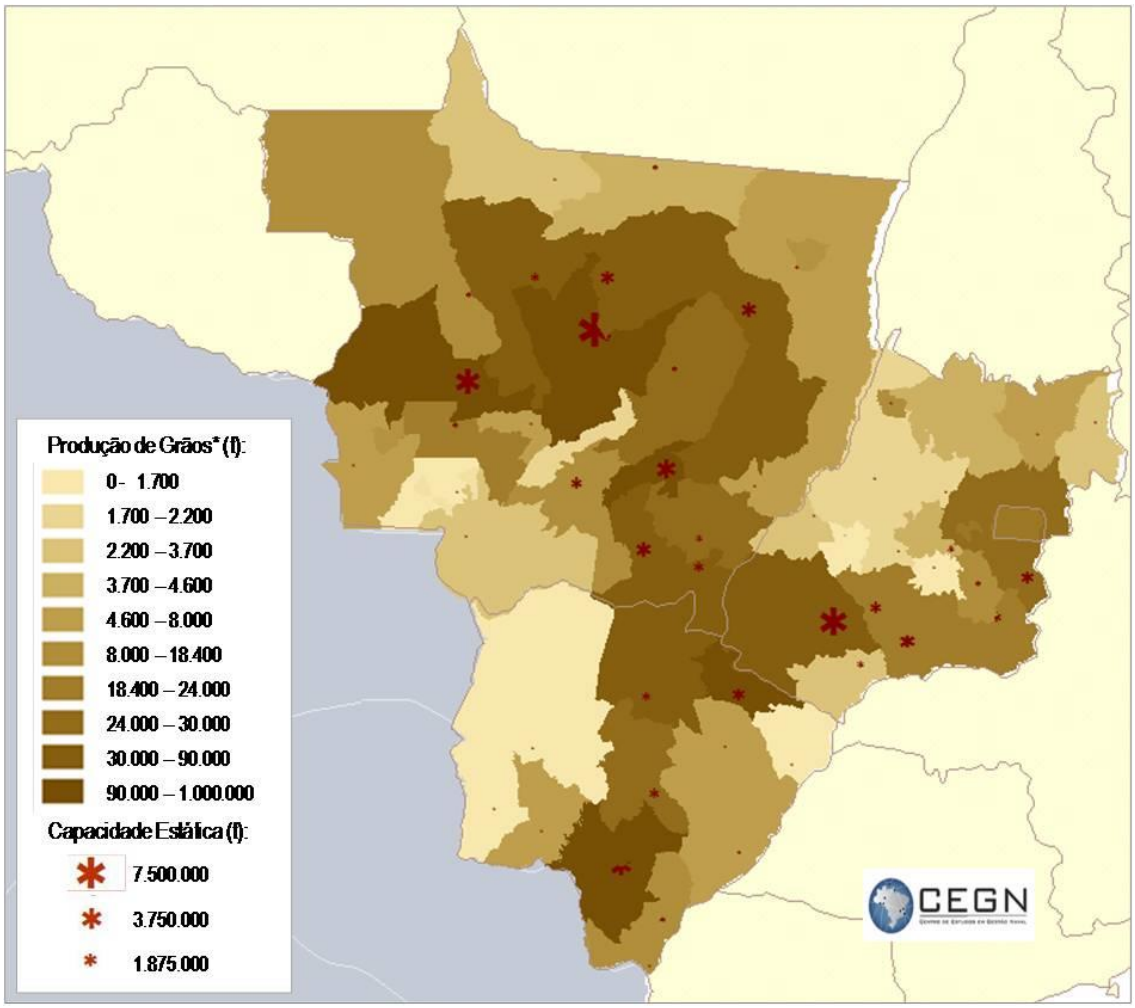


Figura 4: Produção de granéis agrícolas vs. capacidade estática de armazenagem por microrregião

Nota-se que a capacidade estática do Centro-Oeste é muito concentrada, fazendo com que certas microrregiões apresentem um déficit considerável.

Com o intuito de identificar futuros problemas relacionados à armazenagem no Centro-Oeste, comparou-se a projeção de produção dos principais granéis agrícolas com a capacidade estática de cada microrregião indicada, tendo como horizonte de análise o ano de 2023.

[4] Considerou-se apenas os principais granéis agrícolas produzidos na região e que estão inseridos no escopo deste projeto: soja, milho e açúcar.

Para a projeção da produção agrícola, identificou-se a capacidade de expansão da produção através do rastreamento das possíveis áreas agricultu ráveis do Centro-Oeste. Aliando a isto o histórico de crescimento da produtividade agrícola, pode-se estabelecer um patamar de produção para 2023. Em seguida, adotando-se o nível indicado pela FAO para cada microrregião, projetou-se a capacidade estática ideal para o horizonte proposto.

Através desta metodologia, analisaram-se as microrregiões do Centro-Oeste com relação ao déficit de armazenamento, como mostrado na Figura 5.

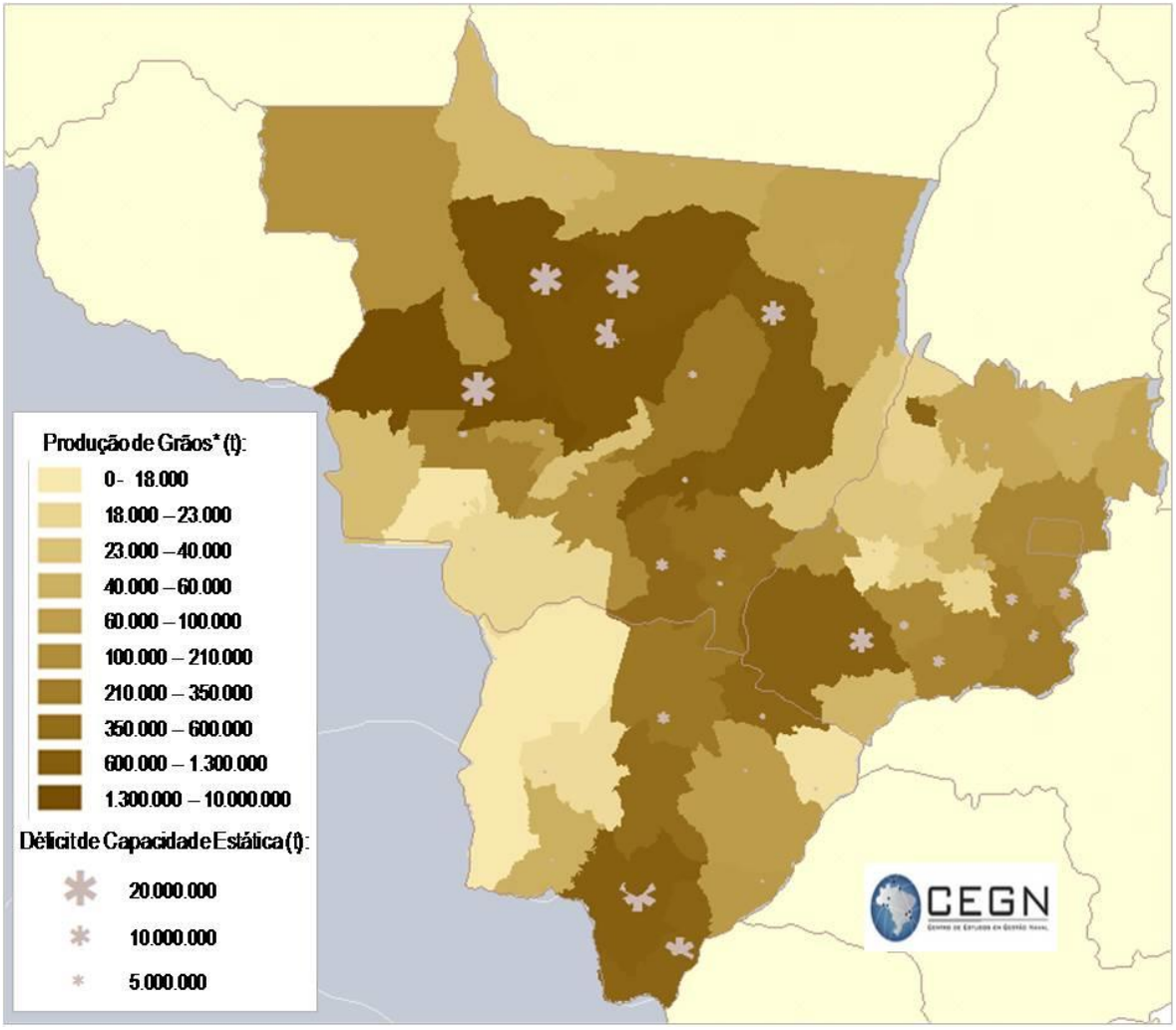


Figura 5: Produção de granéis agrícolas e déficit de capacidade de armazenagem em 2023

Constatou-se que apesar da atual relação capacidade de armazenamento/produção agrícola ser a mais elevada dentre todas as regiões brasileiras, o Centro-Oeste necessitará, até 2023, de cerca de 175 Mt adicionais de capacidade de armazenagem.

Tabela 4: Comparação entre os cenários atual e futuro (2023) de déficit de capacidade de armazenagem no Centro-Oeste

Cenário	Produção agrícola	Capacidade de armazenagem recomendada	Capacidade de armazenagem	Déficit de capacidade de armazenagem
Atual	44,2	53,0	42,5	10,5
2023	181,8	218,2	42,5[5]	175,7

Quase todas suas microrregiões necessitarão de elevados investimentos nos próximos anos, tendo em vista o acentuado crescimento da produção agrícola. Na Figura 6Tabela 5 são apresentadas as microrregiões que deverão ter maior carência de capacidade.

Tabela 5: Microrregiões de maior déficit

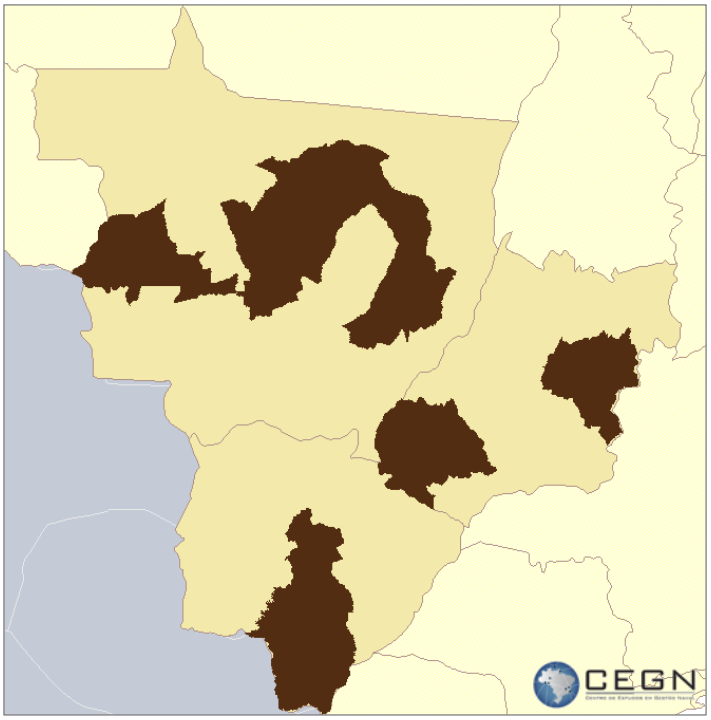


Figura 6: Microrregiões de maior déficit[6].

5. Conclusão

A capacidade estática de armazenagem no Brasil é cerca de 70 Mt inferior ao nível recomendado pela FAO e esse déficit vem aumentando, conforme a produção agrícola tem se

[5] Não considera novos investimentos, de forma a apontar a necessidade total de investimentos em capacidade de armazenagem no Centro-Oeste até o ano de 2023.

[6] Mato Grosso (MT): Sorriso, Sinop e Querência; Mato Grosso do Sul(MS): Naviraí, Campo Grande e Dourados; Goiás (GO): Rio Verde e Cristalina.

desenvolvido a taxas mais elevadas que a capacidade de armazenagem. Ademais, a capacidade é mal distribuída ao longo das regiões do país e não atende plenamente ao desenvolvimento de novas fronteiras agrícolas.

Tal cenário reflete diretamente na eficiência da cadeia logística de escoamento dos granéis agrícolas brasileiros. Os congestionamentos da cadeia são visíveis nos momentos de safra dos principais produtos agrícolas e a insuficiência dos armazéns existentes impede também que parte dos produtores rurais busquem melhores preços para seus produtos.

Parte desse panorama deve-se, também, à atuação agressiva das grandes *tradings* agrícolas, que dominam grande parcela de mercado das principais culturas nacionais. Esses grandes grupos possuem infraestrutura logística própria e se valem de acordos com os produtores para garantirem o suprimento de produtos. As garantias contra o risco que tais grupos oferecem desestimulam investimentos em capacidade de armazenagem por parte de produtores.

No caso do Centro-Oeste brasileiro, apesar de a região apresentar o menor déficit de capacidade de armazenagem proporcionalmente, o crescimento acelerado da produção agrícola na região resultará na necessidade de grandes investimentos em armazéns. Considerando para a região o nível recomendado de capacidade, 20% superior à produção de grãos, serão necessários cerca de 175 Mt adicionais de capacidade estática de armazenagem até o ano de 2023.

Assumindo-se, ainda, que cada microrregião dos estados do Centro-Oeste tenha capacidade suficiente para atender à sua respectiva produção, identificaram-se aquelas que necessitarão de maiores aportes no horizonte analisado. Estas concentram-se no noroeste do Mato Grosso e no sul dos estados do Mato Grosso do Sul e de Goiás.

6. Bibliografia

Bualnalm, Antonio Márcio; Vieira, Adriana Carvalho Pinto; Junior, Pedro Abel Vieira. *Análise da governança da cadeia da soja.*

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. *Capacidade estática dos armazéns cadastros por UF*. Disponível em: www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=155

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. *Evolução da capacidade estática dos armazéns.* Disponível em: **www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=155**

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. *Situação da armazenagem no Brasil (2006).*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática.*

IEA – Instituto de Economia Agrícola. Investimentos na armazenagem de grãos.

Junior, Sebastião Nogueira; Tsuneshiro, Alfredo. Produção agrícola e infra-estrutura de armazenagem no Brasil.

NOGUEIRA, M. C. ; SILVA, C. A. C. ; FAVARIN, J. V. R. ; STUPELLO, B. ; PINTO, M. M. O. (2008). *Priorização de investimentos para o desenvolvimento logístico do Mato Grosso voltado para o escoamento da produção agrícola*. 22o. Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore – SOBENA 2008. Rio de Janeiro.

Sousa, Eduardo Luis Leão de; Marques, Pedro V. Decisão entre vender e armazenar: um exemplo do milho na região de Uberaba, Minas Gerais, safra 1992/93.

Toledo, Márcio. (2007) *Especialização regional produtiva e a viabilização do território nacional para o escoamento da soja*. Revista Mercator, v.6, n.12.

O papel das políticas governamentais no desenvolvimento da indústria naval cingapurense: uma perspectiva histórica.

Julio Vicente Rinaldi Favarin
Centro de Estudos em Gestão Naval
julio.favarin@gestaonaval.org.br

Guilherme Salem Gattaz
Centro de Estudos em Gestão Naval
guilherme.gattaz@gestaonaval.org.br

Tiago Maciel de Barros
Centro de Estudos em Gestão Naval
tiago.barros@gestaonaval.org.br

José Maria Quariguasi Netto
Centro de Estudos em Gestão Naval
jose.netto@gestaonaval.org.br

Marcos Mendes de Oliveira Pinto
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia Naval e Oceânica
morpinto@usp.br

RESUMO

Desde que se tornou um estado autônomo, em 1959, Cingapura sofreu um processo de intensa industrialização, que alavancou o país para o que hoje é uma das maiores potencias asiáticas. Atualmente, Cingapura detém parcelas significativas do mercado naval mundial: um *marketshare* de 20% em reparos, e de 70% na conversão de plataformas FPSO's e na construção de *Jack-up's.* Sua trajetória revela um exemplo interessante a ser seguido pelo Brasil, que atualmente observa um aumento significativo da movimentação marítima em sua costa e em virtude da exploração petrolífera em águas profundas.

Notadamente, o principal fator de sucesso das políticas públicas foi a interferência contínua do governo na economia. Em diversas situações, conseguiu moldar suas ações de acordo com o contexto econômico mundial e foi flexível sempre que necessário para adequar-se a novos paradigmas, como a recessão mundial decorrente das crises do petróleo que afetaram severamente a indústria local. O estudo vem, portanto, retratar este processo histórico com um enfoque nas políticas públicas que fomentaram o desenvolvimento industrial do país, especialmente no setor naval.

A pesquisa mostrou que o crescimento econômico e principalmente industrial de Cingapura baseou-se em um esforço constante de planejamento e reorientação econômica, a fim de prever demandas futuras e capturar os benefícios de primeiro entrante, adiantando-se em respeito aos concorrentes. Dentre as ações governamentais pode-se citar: atração de empresas estrangeiras, criação de parques industriais, controle dos salários reais, importação de tecnologia, sinergia entre setores industriais e incentivos fiscais. Na indústria naval, dois exemplos ilustram o planejamento estratégico do governo: a entrada no ramo de construção *offshore* em meio às crises do petróleo, e a oferta de serviços complexos de reparo como jumborização e conversões.
Palavras-chave: Políticas Públicas; Construção Naval; Cingapura; Competitividade.

ABSTRACT

Since it became an independent state in 1959, Singapore has undergone a process of intensive industrialization, which leveraged the country for what is today one of the major Asian powers. Currently, Singapore has significant portions of the world shipbuilding market: a marketshare of 20% in repairs, and 70% in the conversion of FPSO's platforms and the construction of Jack-up's. Its trajectory shows an interesting example to be followed by Brazil, which currently observed a significant increase in its handling maritime coast and because of oil exploration in deep waters.

Notably, the main factor of success of public policies was the continued interference of government in the economy. In several situations, the government was able to shape their actions according to the global economic context and was flexible when necessary to adapt to new paradigms such as global recession arising from the oil crisis that severely affected the local industry. The study has therefore retract this historical process with a focus on public policies that encouraged industrial development of the country, particularly in the shipbuilding industry.

The research showed that the economic growth and mainly industrial growth of Singapore was based on a constant effort of planning and economic reorientation, to calculate future demands and to capture the benefits of the first entrant, was ahead in respect to competitors. Among the governmental actions may be included: attracting foreign firms, industrial park’s creation, real wages control, technology importation, synergy between industry and tax incentives. In the shipbuilding industry, two examples illustrate the strategic planning of

government: the entry into the offshore construction industry in the midst of the oil crisis, and the provision of complex services of repair as conversion and jumboization.
Keywords: Public Policies; Shipbuilding; Singapore; Competitiveness.

Este estudo foi desenvolvido no âmbito de um projeto de pesquisa financiado pela FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) e pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

1. Introdução

Favorecida pela proximidade com as principais rotas comerciais do mundo, Cingapura iniciou suas atividades na indústria naval através do setor de reparos e expandiu posteriormente para os setores de construção naval e *offshore*. Atualmente, o país detém parcelas significativas do mercado naval mundial: um *marketshare*[1] de 20% em reparos, e de 70% na conversão de plataformas FPSO's e na construção de *Jack-up's*[2].

O sucesso da ascensão e consolidação da indústria naval de Cingapura baseia-se no esforço contínuo do governo de planejar e executar planos arrojados de desenvolvimento. As políticas públicas perseguidas pelo governo foram voltadas à garantia de competitividade relativa no mercado global. A visão motivadora de tais políticas é a de que competitividade (junto com a oferta de produtos e serviços relevantes) leva ao crescimento econômico. Para manter-se competitiva e relevante, Cingapura manteve um esforço constante de monitoramento da economia mundial, acompanhado de continua ponderação do papel de sua indústria no contexto mundial, e seguido de planejamento para reposicionar-se para aproveitar oportunidades existentes. Estes planos foram postos em prática através da participação direta do estado em estatais e agências estatutárias, e através da atuação de políticas públicas voltadas à reorientação da economia na direção almejada pelo governo.

Este estudo retrata em que contexto foram criadas as ações do governo para o crescimento do país, e como se articularam entre si e ao longo do tempo.

2. Histórico do desenvolvimento econômico de Cingapura

Até dar início ao processo de obtenção de independência, Cingapura constituía-se numa colônia britânica e servia como entreposto comercial ao Reino Unido. Num segundo período,

[1] Em faturamento
[2] ASMI – Association of Singapore Marine Industries

que se inicia com a autonomia da colônia, em 1959, o país voltou-se à industrialização com o objetivo de substituir as importações. Em seguida, com o fracasso da união com a Malásia e a independência definitiva de Cingapura, em 1965, o processo de industrialização do país se intensificou, agora com foco nas exportações. No período de 1973-78 o governo empreendeu a primeira tentativa de aprimoramento da economia, e entre 1979-84 perseguiu uma reestruturação da economia após o segundo choque de petróleo. Em seguida, enfrentando pela primeira vez em sua história uma recessão, Cingapura voltou-se à diversificação e à regionalização da economia. Por fim, de 1990 em diante, o país voltou-se a indústrias de maior valor agregado e intensivas em tecnologia e conhecimento.

2.1. Pré-1960: Entreposto comercial

Localizada no estreito de Malacca, principal rota de passagem do ocidente para o oriente, Cingapura, que, a época, se configurava como uma colônia britânica, viu o surgimento de sua indústria naval em 1819, quando o Reino Unido transformou a cidade em entreposto comercial.

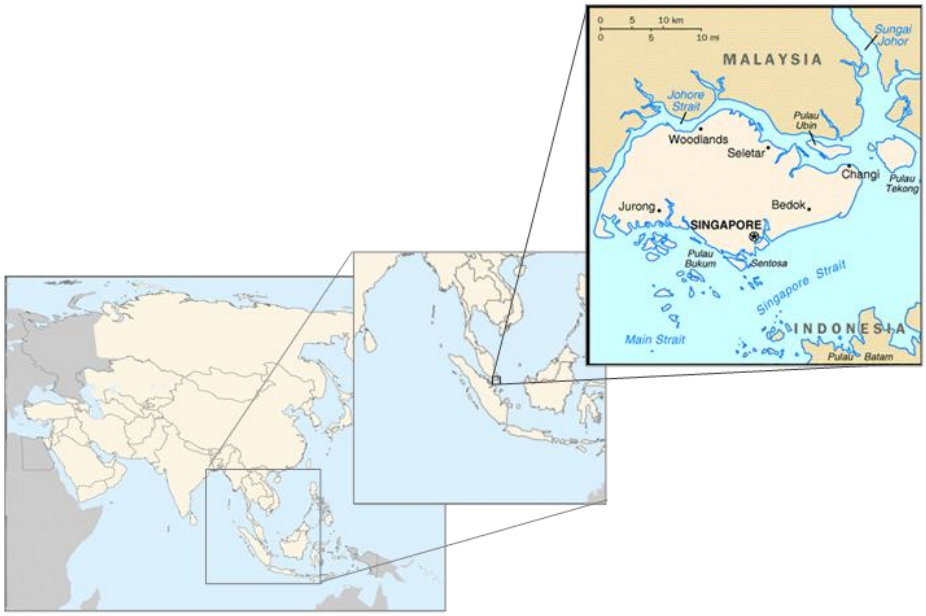


Figura 1: Localização geográfica de Cingapura

Com o desenvolvimento da atividade portuária, surgiu na região uma pequena indústria de reparos navais para atender aos numerosos navios que ali atracavam. Inicialmente, tratava-se de uma indústria artesanal e familiar, que, com o tempo, desenvolveu-se e expandiu-se. Ao longo dos anos, a condição de entreposto comercial do país e o desenvolvimento do comércio

marítimo na região elevaram significativamente a demanda por reparos, levando ao crescimento contínuo da indústria.

Durante a Segunda Guerra Mundial, Cingapura foi dominada pelo Japão. Ao final da guerra, mesmo tendo recuperado o domínio sobre a região, o Reino Unido havia perdido o seu prestígio como metrópole e Cingapura foi declarada um estado semi-independente. Em 1959, Cingapura se tornou uma colônia autônoma para decisões internas, dependendo da metrópole apenas para questões de política externa.

2.2. 1959-65: Industrialização intensiva em mão-de-obra voltada à substituição de importações

Após a conquista da autonomia, Cingapura enfrentou vários problemas econômicos e sociais, como baixo crescimento econômico, pouca perspectiva de retomada da atividade de entreposto comercial, alto desemprego e instabilidade social.

Visando principalmente desenvolver a economia internamente e solucionar a questão do desemprego (que se agravava com o expressivo crescimento da população economicamente ativa de 28% ao ano), o governo decidiu pela industrialização de Cingapura.

O processo de industrialização do país se baseou em três documentos. O primeiro foi um estudo realizado, em 1955, pelo Banco Internacional para a Reconstrução e o Desenvolvimento (BIRD). O segundo foi o *Lyle Report*, de 1959, realizado no âmbito do Plano Colombo pelo canadense F. J. Lyle. O terceiro e mais importante foi o *Winsemius Report*, de 1961, nomeado após Albert Winsemius liderar a missão de sondagem industrial da Organização das Nações Unidas.

O estudo do BIRD e o *Lyle Report* apontavam a industrialização como solução para o crescente desemprego e, além disso, o segundo ainda defendia uma união entre Cingapura e a Malásia, para garantir um maior mercado para a indústria local, o que era apontado como indispensável para a obtenção de sucesso econômico.

O *Winsemius Report*, relatório de maior relevância para as ações do governo local, abrangia diretrizes políticas, macroeconômicas, institucionais e medidas operacionais para o desenvolvimento da indústria manufatureira. Além disso, o relatório definia quais indústrias poderiam alcançar êxito no país e que, portanto, deveriam ser estimuladas. As escolhidas foram a indústria têxtil, a indústria química e, especialmente, a indústria naval, na qual Cingapura já tinha uma certa experiência.

As políticas públicas adotadas em Cingapura definiram o desenvolvimento da indústria naval nacional em duas frentes: grandes estaleiros estatais e pequenas oficinas familiares.

Na primeira frente destaca-se a fundação, em 1963, do estaleiro Jurong, que representou grande esforço de combate ao desemprego no país. Para tanto, o governo de Cingapura firmou parceria com o estaleiro japonês Ishikawajima-Harima, do qual se aproveitou do *know-how* pregresso na indústria naval.

Na segunda frente, foi criado o distrito industrial marítimo às margens do Rio Geylang. Nesta região, havia se formado um aglomerado de pequenas oficinas que realizavam reparos navais nas embarcações que circulavam no leito do rio. O governo promoveu obras de infraestrutura de acesso, comunicação e saneamento, realizou o desassoreamento do rio Geylang, e criou políticas de incentivo para atração de mais empresas ao distrito.

Por fim, ainda em 1963, visando melhores condições de crescimento econômico (acesso a fonte de matéria prima para indústria, e a mercado expandido para produtos manufaturados) e também considerando aspectos da segurança nacional (suprir perda de proteção após autonomia do Reino Unido), Cingapura anexou-se à Federação Malaia. Esta anexação decretou a independência definitiva do Reino Unido e tornou Cingapura território autônomo da Malásia.

2.3. 1965-73: Industrialização intensiva em mão-de-obra e orientada à exportação

Com a formação da Federação Malaia, a atividade de entreposto comercial foi fortemente afetada pela política de confrontação da Indonésia (até então segundo maior parceiro econômico de Cingapura), que se opunha à união dos países. Ainda, o país passou por problemas políticos de origem partidária que culminaram na sua expulsão do território malaio em 1965, se tornando um estado independente, a República de Cingapura.

A separação da Federação Malaia significou a contração do mercado potencial para a indústria cingapurense, o que tornou insustentável a política de substituição de importação. Para continuar se industrializando, seria necessário focar-se em produção para exportação. O governo deduziu que para competir no mercado mundial, era imprescindível atrair investidores estrangeiros para o país. O investimento direto de multinacionais possibilitaria suprir carências internas como a base tecnológica pouco desenvolvida, a ausência de competências de empreendedorismo e gerência, e a carência de acesso a mercados consumidores.

O governo, então, direcionou seus esforços à atração destes investidores através de políticas de melhoria da infraestrutura e de incentivos fiscais. Estas políticas surtiram efeito e a indústria naval cingapurense viveu um *boom*. Em 1971, o número de estaleiros no país chegou a 50, ante 26 estaleiros em 1966. Neste mesmo período o número de empregados no setor subiu de 8.000 para 18.000.

2.4. 1973-78: Primeira tentativa de aprimorar a economia

O avanço da economia cingapurense transformou a situação do mercado de trabalho: a mão de obra passou de recurso abundante no início da década de 1960, a um recurso escasso no início da década de 1970. O pleno emprego criaria pressões inflacionárias que poderiam erodir a competitividade no mercado mundial.

O governo atuou na oferta e demanda de mão de obra para lidar com este problema. A primeira delas consistiu em permitir a entrada de trabalhadores estrangeiros no país, regulando a oferta de mão-de-obra. A segunda, em incentivar a mudança da economia nacional de atividades intensivas em mão-de-obra para atividades com maior intensidade de tecnologia e capital. Esta mudança foi conduzida a partir de estímulos à modernização e à agregação de mais valor por parte das indústrias existentes, bem como incentivos ao desenvolvimento de novas indústrias com tais especificações..

No entanto, Cingapura teve sua transição econômica retardada pelo choque do petróleo em 1973. Com a crise, os preços do petróleo aumentaram exponencialmente, o que afetou profundamente a indústria naval. A queda na demanda por transporte de óleo forçou a parada de navios e a construção naval praticamente estagnou. Os estaleiros promoveram uma guerra de preços para atrair a pouca demanda restante por reparos, o que resultou no fechamento de inúmeros estaleiros de pequeno porte e alguns de grande porte, aumentando a concentração do mercado.

2.5. 1979-84: Re-estruturação econômica

No início deste período, Cingapura já havia se recuperado do choque de 1973, e encontrava-se novamente em situação de pleno emprego No entanto, o choque do petróleo de 1979 tornou iminente a adoção de medidas de protecionismo às indústrias nacionais em todo o mundo. O governo cingapurense compreendeu que para manter o nível de exportações, seria necessário ofertar produtos e serviços sem substitutos para os demais países. O governo de Cingapura concentrou em diversificar os setores tecnológicos da indústria através de incentivos fiscais,

capacitação da mão-de-obra e no estímulo à automatização e mecanização de operações nas empresas, além do aumento de salários para desestimular atividades intensivas em mão-de-obra.

Por outro lado, o segundo choque do petróleo de 1979 levou ao aumento da busca de óleo em alto mar e estimulou o desenvolvimento do setor *offshore* da indústria naval. Cingapura se tornou, em pouco tempo, o maior produtor mundial de plataformas. Em 1980, das 300 plataformas de extração de petróleo construídas no mundo, 65 eram cingapurenses.

No entanto, mesmo com o crescimento do setor *offshore*, os preços do petróleo continuaram a aumentar, o que teve impacto negativo no comércio marítimo e na demanda por navios, e consequentemente nos estaleiros. Instaurou-se um período de baixa do mercado naval que duraria até 1987. Diante deste contexto, os estaleiros cingapurenses começaram a diversificar suas atividades, passando a oferecer serviços de maior complexidade e maior valor agregado, como a jumborização e conversão de navios petroleiros em plataformas do tipo FPSO, entre outras atividades especializadas.

2.6. 1985-90: Recessão, diversificação continuada e regionalização

Em 1985, pela primeira vez desde que se tornou território independente, Cingapura entrou em recessão, com retração de 1,6% do PIB. A recessão fora causada em parte pela diminuição da demanda mundial, e parcialmente pela perda de competitividade causada por aumentos sucessivos de salários e pelo aumento da contribuição compulsória ao fundo de previdência.

Nesse contexto, o governo cingapurense se deu conta de que, para continuar se desenvolvendo, seria necessário oferecer mais do que manufatura a baixo custo. Seria necessário exportar serviços (financeiros, de engenharia, de consultoria...) além de gerar riquezas além do território nacional, expandindo as empresas locais para o exterior.

É exemplar desta nova estratégia que os três principais estaleiros estatais (Jurong, Keppel, e Sembawang) intensificaram sua expansão no exterior no final dos anos 1980, comprando estaleiros e construindo novas bases pelo mundo para aproveitar vantagens competitivas (mão-de-obra barata, competência em pesquisa, proximidade de mercados importantes, etc.).

2.7. 1990-Atual: Desenvolvimento voltado ao valor agregada e à intensidade tecnológica e intelectual

Cingapura continuou a se desenvolver direcionando sua economia cada vez mais para produtos e serviços com maior valor agregado e maior intensidade tecnológica e intelectual.

Em documentos como o Plano Econômico Estratégico, SEP (*Strategic Economic Plan*), de 1991, e o relatório *Industry 21*, de 1999, previa-se um desenvolvimento econômico tracionado principalmente pelo conhecimento. O desenvolvimento deveria pautar-se em oito pilares: recursos humanos; parcerias em nível nacional; orientação para mercado internacional; ambiente propício à inovação; conglomerados de serviços e manufaturas; re-desenvolvimento econômico; competitividade internacional; e vulnerabilidade reduzida.

Seguindo esses princípios, Cingapura pretendia atingir níveis de desenvolvimento de países de primeiro mundo nas décadas seguintes.

3. Síntese das políticas públicas implementadas em Cingapura

O governo criou políticas púbicas que visavam competitividade internacional, e que podem ser resumidas a três linhas de ação: a primeira, de atração de multinacionais, portadoras de tecnologia de ponta e conexões internacionais que garantem uma boa posição nos mercados globais; a segunda, de atuação no desenvolvimento e regulação do mercado de trabalho, que permitiu a Cingapura subir na escala de valor agregado; e a terceira, de manutenção da estabilidade macroeconômica, que no âmbito internacional garantiu a competitividade de preços das exportações de Cingapura, e que internamente permitiu aumentos reais de salários e, em última instância, a estabilidade política.

3.1. Atração de multinacionais

A partir de 1965, Cingapura ingressou numa política de industrialização voltada para exportação. A atração de multinacionais era vista como fundamental nesse processo, pois estas supriram as deficiências do país no que diz respeito a carências tecnológicas e de competências gerenciais e de empreendedorismo.

Além disso, as multinacionais possuíam conexões consolidadas com o mercado consumidor, que permitiam a comercialização de produtos, bem como o monitoramento de tendências mundiais de consumo. Tais fatores foram indispensáveis para que o país se tornasse competitivo no mercado internacional.

A importância das multinacionais é patente.. Apenas seis anos após a abertura nacional para as empresas estrangeiras, estas já representavam 26% de todas as empresas e eram responsáveis por 63% dos empregos e 75% do valor agregado da economia.

No setor naval, a participação estrangeira se deu através de contratos de operação (como o gerenciamento do estaleiro Sembawang, e treinamento da mão-de-obra pelo grupo britânico Swan Hunter Group), parcerias (como a participação da japonesa Ishikawajima-Harima no estaleiro Jurong), e investimentos diretos (como as japonesas Mitsubishi e Hitachi Zosen, e a americana Marathon LeTourneau)

Para atrair as multinacionais, Cingapura atuou de três maneiras: desenvolvendo a infraestrutura básica, proporcionando a estabilidade das relações industriais e oferecendo incentivos fiscais.

3.1.1. Desenvolvimento de infraestrutura

Além da infraestrutura básica de saneamento, água, energia, telecomunicações, acessos terrestres, aeroportos e portos, a formação dos distritos industriais foi fator crucial para a atração das multinacionais. Estes distritos permitiram que as indústrias fossem setorizadas de acordo com necessidades ambientais, de logística, e de proximidade com outras indústrias. Exemplo claro disto é apresentado no distrito industrial de Jurong, onde as atividades de construção naval e de demolição de navios foram localizadas ao lado das indústrias metal-mecânica e siderúrgica, vizinhas do terminal portuário de minério de ferro.

Distritos industriais, com conexões pré-estabelecidas a serviços básicos, ligados a sistemas de transporte e em alguns casos com fábricas pré-construídas, prontas para serem ocupadas, poderiam reduzir significativamente o tempo para iniciar a produção e representavam um importante incentivo para industrialistas se estabelecerem em Cingapura.

Para garantir o sucesso da implantação de infraestrutura em Cingapura, o governo pautou suas ações no planejamento, implantação e financiamento.

O planejamento permitiu o zoneamento de atividades de modo a aumentar a eficiência e diminuir os custos com transporte, distribuição e produção.

A implantação de projetos foi alcançada com a criação do EDB, *Economic Development Board*[3], órgão constantemente ocupado com o desenvolvimento econômico, e que assumia papel de coordenador de esforços para atrair indústrias para Cingapura. O EDB também era responsável por criar conselhos estatutários para gerenciar importantes projetos de infraestrutura, tal como fez o JTC[4] no distrito industrial de Jurong, e a PSA[5] no porto de Cingapura.

[3] Conselho de Desenvolvimento Econômico.

[4] Jurong Town Corporation

Por fim, o governo perseguiu fontes domésticas para financiar investimentos, fator considerado indispensável para garantir sustentabilidade no longo prazo. Por um lado, financiamento público foi apoiado pela criação de poupança compulsória, na qual empregados e empregadores contribuíam. Por outro lado, cada projeto de infraestrutura deveria parcialmente se autofinanciar, cobrando pelos serviços prestados, e obtendo assim superávits operacionais.

3.1.2. Estabilidade das relações industriais

Tendo em vista que a instabilidade das relações industriais seria um entrave à atração de investidores estrangeiros, em 1968, o governo aproveitou o sucesso das eleições, na qual o partido governista conquistara todas as cadeiras do parlamento, e conseguiu a aprovação de importantes medidas que poderiam ser consideradas impopulares. Uma dessas medidas foi o Ato de Emprego (*Employment Act*), que aumentou a jornada de trabalho semanal, restringiu o pagamento de horas extras e férias remuneradas e reduziu benefícios pós-demissões. O governo ainda transferiu o poder de barganha dos trabalhadores para os empregadores através de outros atos.

Ademais, o governo ganhou apoio a classe sindical apontando seis de seus membros como candidatos ao parlamento. Utilizando-se do aumento do seu poder de influência sobre a classe trabalhadora, passou a pregar a idéia do tri-partidarsmo nas relações industriais, entre governo, empregadores e trabalhadores. Esta medida estreitou as relações entre as classes, conseguindo minimizar conflitos.

3.1.3. Incentivos fiscais

O governo cingapurense utilizou incentivos fiscais para guiar o desenvolvimento de setores específicos da economia, indicados como estratégicos pelo planejamento econômico. Os setores beneficiados se alteravam, conforme se alterava a prioridade de desenvolvimento.

Durante o processo de industrialização para substituição de importações, reduziu-se os impostos para indústrias manufatureiras com alta intensidade de mão-de-obra. Em momento seguinte, com orientação para exportação, foram reduzidos os impostos sobre lucros com exportação.

Os incentivos de Cingapura, apesar de similares aos oferecidos naquela época por países em desenvolvimento, eram mediamente mais generosos

---

[5] Port of Singapore Authority

3.2. Regulação e desenvolvimento do mercado de mão-de-obra

Com recursos naturais escassos e restrições devido ao terreno, a localização geográfica privilegiada e a mão-de-obra eram os únicos recursos favoráveis a Cingapura. Ciente disso, o governo manteve o desenvolvimento e o aperfeiçoamento da mão-de-obra prioritariamente.

3.2.1. Programas de treinamento

O EDB criou esquemas de treinamento no exterior, estabeleceu parcerias de treinamento com setor privado, e providenciou financiamento para programas de treinamento. Um exemplo de centro de treinamento técnico é o Rollei Training Center, que capacitava trabalhadores nos setores de mecânica de precisão e óptica de precisão. É de se notar que as empresas concordaram em treinar o dobro de mão-de-obra de que precisavam, transbordando os benefícios para outras companhias..

3.2.2. Alinhamento da política salarial com a fase de desenvolvimento

Em 1972, o governo estabeleceu um órgão responsável para controlar níveis salariais, o NWC[6], que contava com representantes do governo, dos sindicatos e dos empregadores. O governo utilizava o controle de salários para: (a) orientar a economia em uma direção específica, como no final da década de 1970, quando aumentou os salários para desestimular a manufatura intensiva em mão-de-obra em favor da automatização e atividades com maior intensidade tecnológica; ou, (b) garantir a competitividade de produtos cingapurenses nos mercados internacionais, através de reduções pontuais de salários em momentos de crise (e.g.: 1985), ou através de aumentos controlados de salários, como o que ocorreu em 1973 quando pleno emprego ameaçava minar a competitividade cingapurense.

3.2.3. Permissão da entrada de estrangeiros

Em situações que Cingapura beirava o pleno emprego, o governo regulou o mercado de mão-de-obra com a permissão de entrada de trabalhadores estrangeiros, reduzindo assim a pressão por aumentos salariais que minariam a competitividade nacional. Entre 1966 e 1980, Cingapura recebeu cerca de 100.000 ‘trabalhadores convidados’, principalmente da Malásia.

3.3. Estabilidade macroeconômica

[6] *National Wages Council*, ou Conselho Nacional de Salários

A estabilidade macroeconômica garantiu o desenvolvimento do país de duas formas. Possibilitou o sucesso das exportações por dar suporte à atração de multinacionais, que foram fundamentais para alcançar competitividade dos bens produzidos nacionalmente, e também ao suportar internamente o crescimento dos níveis de salários e de poupança.
As políticas relacionadas com a estabilidade macroeconômica foram a formação de poupança, a política cambial e a baixa inflação.

3.3.1. Formação de poupança

A formação de poupança garantiu uma fonte não-inflacionaria de financiamento para os projetos de infraestrutura, e reduziu o efeito inflacionário relacionado à expansão econômica. A poupança cingapurense era, em sua maior parte, controlada pelo governo e contava com contribuições compulsórias de empregadores e empregados para o fundo de previdência central. Ademais, os contribuintes eram atraídos a poupar pelas altas taxas de juros, baixa inflação e pela possibilidade de utilizar o dinheiro do fundo para financiar a compra de moradias pelo programa federal de habitação. Em 1980, índice de poupança[7] de Cingapura era de 40%, o mais alto do mundo,

3.3.2. Política cambial

A política cambial em Cingapura tornou-se um instrumento voltado exclusivamente para o controle da inflação. Dado que, em economias de entreposto comercial como a de Cingapura, preços de importados e exportados aumentam em igual proporção, inflação doméstica foi controlada permitindo que a taxa de cambio valorizasse em linha com inflação no exterior.

3.3.3. Baixa Inflação

A contenção inflacionária foi primordial para o crescimento econômico e industrial de Cingapura. No âmbito internacional, inflação baixa garantia a competitividade de preços dos produtos cingapurenses nos mercados internacionais; no âmbito doméstico, a contenção de preços garantia o poder de compra de cingapurenses, assegurando ganhos salariais reais que promoviam estabilidade social e política.
O ganho real de salários, somado a um exitoso programa habitacional, garantia a aceitação da política de controle salarial, que, por sua vez, ajudava a frear a inflação.

[7] Índice de Poupança = Poupança Nacional Bruta expressa como porcentagem PIB

Fechava-se assim o ciclo virtuoso de políticas públicas de Cingapura: a baixa inflação, com conseqüências positivas para a competitividade em mercados globais, garantia influxos de capital estrangeiro com o correspondente aporte tecnológico de multinacionais, que tornavam ganhos salariais reais possíveis.

4. Conclusões

Desde a constituição de um estado autônomo em Cingapura, em 1959, o objetivo inexorável do governo foi de induzir o desenvolvimento industrial do país. Para manter-se economicamente relevante para seus vizinhos e perante a economia global, foi necessário um constante esforço de planejamento e reorientação econômica, a fim de prever demandas futuras e capturar os benefícios de primeiro entrante, adiantando-se em respeito aos concorrentes. Na indústria naval cingapurense, essa iniciativa se revela em dois exemplos históricos: pela a entrada no ramo de construção *offshore* em meio às crises do petróleo, e pela oferta de serviços complexos de reparo como jumborização e conversões.

Cingapura pode ser definida como uma 'economia de mercado guiada', na qual o governo persegue seus objetivos influenciando o mercado, alterando a composição de o que é lucrativo. No desenvolvimento de sua indústria naval, o governo exerceu um papel fundamental através de um processo contínuo de planejamento e de implantação de políticas públicas, que garantiu a competitividade da indústria nacional de bens e de serviços, a sobrevivência à sucessivas crises, e sua dispersão internacional.

O planejamento em Cingapura, porém, não envolvia um projeto obstinado e minuciosamente detalhado, porque as prioridades eram eleitas de acordo o mercado internacional. A impossibilidade de prever o curso da economia mundial demandava flexibilidade para agir mais do que comprometimento ideológico para seguir um plano pré-estabelecido.

As políticas bem sucedidas levaram Cingapura a posição de destaque na indústria naval mundial, atuando em reparos, conversões, e na construção de sistemas *offshore*.

5. Bibliografia

ASMI - Association of Singaporean Marine Industries. Anchored in Singapore History: The Story of the Marine Industry. *ASMI*. [Online] ASMI. [Cited: março 31, 2009.] http://www.asmi.com/index.cfm?GPID=34#A_REMARKABLE_STORY_OF_GROWTH.

Chia, Siow Yue. *The Singapore Model Of Industrial Policy: Past Evolution And Current Thinking*. Singapore Institute of International Affairs. 2005. Paper apresentado no 2o. LAEBA Annual Conference.

Comitê Econômico - Ministério da Indústria e Comércio. *The Singapore Economy: New Directions.* Cingapura : Government of Singapore, 1986.

Huff, W. G. *The Economic Growth of Singapore: Trade and Development in the Twentieth Century.* Cambridge : Cambridge University Press, 1997.

Krausse, Gerald H. The Urban Coast in Singapore: Uses and Management. *Asian Journal of Public Administration.* 1o Semestre, Junho 1983, Vol. 5, 1, pp. 33-67.

Le Blanc, R. P. *Singapore: the Socio-Economic Development of a City-State (1960-1980).* s.l. : Cranendonck Coaching, 2008. 978-9079397013.

Lee, Tsao Yuan. Infrastructure Geared to International Economic Activity: Singapore. [book auth.] Ashoka Mody. *Infrastructure Strategies in East Asia: The Untold Story.* Washington D.C. : Banco Mundial, 1997, 4.

Official Efforts To Attract FDI: Case Of Singapore's EDB. Tan, Augustine H. H. Cingapura : National University of Singapore, 1999. Conference on Industrial Globalization In The 21st Century: Impact And Consequences For East.

Sabhlok, Anisha. *The Evolution of Singapore Business: A Case Study Approach (Case Studies).* Cingapura : The Institute of Policy Studies, 2001. Vol. II.

Shimizu, Hiroshi and Hirakawa, Hitoshi. *Japan and Singapore in the World Economy.* s.l. : Routledge, 1999. 978-0415192361.

Soon, Teck-Wong and Tan, C. Suan. Singapore: Public Policy and Economic Development. [book auth.] Danny M. Leipziger. *Lessons from East Asia.* Washington D. C. : World Bank, 1993.

Tenold, Stig. *A Most Convenient Flag - The Development of the Singapore Ship Registry (1969-1982).* SIOS - Centre for International Economics and Shipping. Bergen: Foundation for Research in Economics and Business Administration, 2000. 82-491-0101-4.

Tribute to British Shipbuilding and Repair Industries, 1914-18. *Naval History.* [Online] janeiro 01, 2009. [Cited: março 27, 2009.] http://www.naval-history.net/WW1NavyBritish-Shipbuild03.htm.

UCL Development Planning Unit. *Singapore's Export Promotion Strategy and Economic Growth (1965-84).* Londres : University College London, 2001.

United Nations. *A Proposed Industrialization Programme for the State of Singapore.* Nova Iorque : UN Commission for Technical Assistance, 1961.

Wee, Beng Gok and Buche, Ivy. Keppel Offshore & Marine: Riding the Waves of Change. *ECCHO.* Inverno, 2007, 38.

Zumir, Ravinder K. and Gibbons, Patrick T. The Internationalization Process of Singapore Government-Linked Companies: A Contextual View. *Asia Pacific Journal of Management.* 1998, Vol. 15, pp. 219-246.

Delineamento de políticas de estímulo à competitividade para a construção naval brasileira

Julio Vicente Rinaldi Favarin
Centro de Estudos em Gestão Naval
julio.favarin@gestaonaval.org.br

Tiffany Ide Hashiba
Centro de Estudos em Gestão Naval
tiffany.hashiba@gestaonaval.org.br

Leonardo Mois Baracat
Centro de Estudos em Gestão Naval
leonardo.baracat@gestaonaval.org.br

David Joshua Krepel Goldberg
Centro de Estudos em Gestão Naval
david.goldberg@gestaonaval.org.br

Marcos Mendes de Oliveira Pinto
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia Naval e Oceânica
morpinto@usp.br

RESUMO

O contexto atual dessa indústria naval no Brasil é bastante oportuno. Diante das perspectivas de grandes encomendas da Petrobras e de outros armadores, os estaleiros nacionais iniciaram um novo ciclo de investimentos e a capacidade instalada hoje já supera o auge da indústria no passado.

Para que a indústria naval brasileira aproveite as oportunidades criadas e se desenvolva de forma competitiva e sustentável no longo prazo, é fundamental a ação governamental, a exemplo dos outros países com relevância na atividade. Hoje, verifica-se que o Brasil possui um conjunto de políticas públicas de incentivos econômicos e de criação da demanda extremamente benéficos ao setor, e que se mostram alinhados com o que se pratica no resto do mundo. Entretanto, não existem políticas claras de estímulo à competitividade. Os esforços devem se voltar, agora, para políticas de estímulo à competitividade da indústria que permitam que a participação do governo no longo prazo seja minimizada. Ou seja, deve-se incitar a indústria a criar sua própria base competitiva e percorra uma curva de aprendizado

acentuada e alcance níveis de custo e eficiência similares a grandes construtores mundiais, minimizando a necessidade de incentivos financeiros.

Este estudo avaliou as ações governamentais que trouxeram sucesso na indústria naval mundial e as comparou com o caso brasileiro. Por fim, apresentam-se possíveis medidas para o Brasil que possam estimular a competitividade da indústria nacional de construção naval no longo prazo.

Palavras-chave: Políticas Públicas; Construção Naval; Competitividade; Criação da Demanda.

ABSTRACT

The current context of this industry in Brazil is very timely. Faced with the prospect of large orders from Petrobras and other ship owners, nationals shipyards began a new cycle of investment and capacity now exceeds the peak of the industry in the past.

For the Brazilian naval industry seize the opportunities created to develop a competitive and sustainable in the long term, it is essential the government action, like the other countries of relevance in the activity. Today, it appears that Brazil has a set of public policies and economic incentives to create demand extremely beneficial to the industry, and is shown aligned with what is practiced in the world. However, there are no clear policies to promote competitiveness. Efforts should be back now, for policies to promote competitiveness of the industry to minimize the participation of government in the long term. To conclude, the industry should be encouraged to create its own competitive basis and through a steep learning curve and reach levels of cost and efficiency similar to major manufacturers worldwide, minimizing the need for financial incentives.

This study assessed the government actions that have brought success in the world shipbuilding industry and compared with the Brazilian case. Finally, some measures are shown for Brazil that can stimulate the competitiveness of the national shipbuilding industry in the long term.

Keywords: Public Policies; Shipbuilding; Competitiveness; Demand Creation.

1. Introdução

Depois de um período de quase duas décadas de inatividade da indústria de construção naval brasileira, estaleiros renascem embalados pelas recentes encomendas da Transpetro[1] e o pelo cenário promissor que se apresenta para os próximos anos. As encomendas anunciadas para os estaleiros brasileiros equivalem uma carteira superior a 10 anos, contendo: 46 tanqueiros no escopo do PROMEF[2]; 146 embarcações de apoio *offshore* contidas no PROREFAM[3]; 28 sondas de perfuração ultra-profundas e 17 plataformas para a Petrobrás; cerca de 30 plataformas para a petrolífera OGX; cerca de 80 embarcações mercantes diversas para reposição da frota de cabotagem brasileira na próxima década; aproximadamente 50 embarcações de apoio portuário, como resultado da expansão do setor portuário no país'; e 27 embarcações patrulha cuja intenção foi manifestada pela Marinha do Brasil em 2008[4].

Os incentivos disponíveis também favorecem o setor. Por exemplo, a legislação prevê para a construção de navios o mesmo tratamento fiscal dado à exportação. É, portanto, beneficiária de regime aduaneiro especial, permitindo aos estaleiros usufruírem de uma série de benefícios, como suspensão de tributos federais para a aquisição de insumos de produção.

Incentivos governamentais como esse são adotados em quase todos os países com produção relevante na indústria naval. Além de incentivos financeiros e de políticas de criação de demanda, é importante para o Brasil criar as bases para que essa indústria nascente alcance níveis de competitividade internacionais, minimizando a necessidade de ajuda econômica governamental no longo prazo.

Este estudo avaliou as ações governamentais que trouxeram sucesso na indústria naval mundial e as comparou com o caso brasileiro. Ao final, sugerem-se possíveis medidas a serem adotadas para o caso brasileiro com o intuito de aproveitar o bom momento que se apresenta para a indústria de construção naval nacional.

2. Políticas públicas de criação de demanda, de incentivo econômico e de concessão de garantias

[1] Subsidiária da Petrobras S.A. responsável pelo transporte dos produtos da companhia.
[2] Programa de Modernização e Expansão da Frota de Petroleiros, lançado pela Transpetro em 2006
[3] Programa de Renovação e Expansão da Frota de Apoio Marítimo, lançado pela Petrobras em 2008.
[4] Fonte: CEGN e Sinaval

Grande parte dos países em que a construção naval alcançou relevância mundial adotou políticas de fomento à indústria que foram fundamentais ao seu sucesso. A expansão e consolidação desse setor nesses países foram possíveis, em parte, graças a incentivos fiscais, artifícios da legislação e concessão de garantias que garantem demanda à indústria nacional.

Para direcionar demanda para estaleiros nacionais, EUA, Coréia do Sul e Japão estipularam a obrigatoriedade de prestação de serviço de cabotagem por empresas nacionais. Uma outra medida, adotada por Inglaterra, EUA, China e Japão é a construção de navios militares em seus próprios estaleiros. Ainda, na Coréia, impõe-se que 50% da importação de carga subsidiada seja transportada por navios de bandeira nacional.

No Brasil, já existem políticas com essa finalidade. Na resolução da ANTAQ[5] n° 112 da Legislação Especial de Cabotagem é dito: "O transporte por cabotagem só poderá ser realizado por empresa brasileira de navegação de cabotagem utilizando embarcação de bandeira brasileira"[6].

Além disso, o Programa de Modernização e Expansão da Frota (Promef), lançado pela Transpetro em 2005 foi outra medida importante para a criação de demanda aos estaleiros do país, motivada pelo governo através de sua influência na Petrobrás. O programa teve em seu escopo inicial 42 petroleiros a serem licitados em duas fases: 26 na primeira fase e 16 na segunda fase (que posteriormente resultou em duas fases com 23 navios cada, totalizando 46). O índice de nacionalização dos navios foi estipulado em 65% na primeira fase e 70% na segunda fase, sendo este um mecanismo importante de indução ao surgimento de fornecedores locais..

No caso de incentivos fiscais, Coréia e Vietnã reduziram impostos relativos à importação de insumos, equipamentos e sistemas não produzidos no país. Outro incentivo à construção naval, observado na Coréia, Vietnã, China e Portugal, é suspender impostos relativos à exportação de navios. No Japão, EUA, Noruega e Alemanha, os governos concederam, ainda, incentivos para a aquisição de embarcações por armadores nacionais, sendo que nos dois últimos também houve incentivos para a aquisição de embarcações por armadores estrangeiros em estaleiros nacionais.

---

[5] Agência Nacional de Transportes Aquaviários

[6] Há exceções no caso de substituição de embarcações em construção no país ou para uma única viagem, caso constatada indisponibilidade.

No caso do Brasil, alguns regimes especiais concedem isenção fiscal aos estaleiros. Alguns exemplos são: REPETRO (Regime Aduaneiro Especial de Exportação e Importação de Bens Destinados às Atividades de Pesquisa e de Lavra das Jazidas de Petróleo e de Gás Natural), RECAP (Regime Especial de Aquisição de Bens de Capital para Empresas Exportadoras) e REB (Registro Especial Brasileiro).

Além dos incentivos fiscais, muitos países oferecem opções de financiamento de baixo custo à construção de embarcações. No Japão, na Coréia e nos EUA houve a liberação de recursos para a construção e modernização dos estaleiros. Já no Brasil, foi criado o Fundo da Marinha Mercante (FMM), que, entre outros incentivos, disponibiliza fundos a uma taxa de juros mais baixa para armadores para o caso de construção de embarcações no Brasil. O FMM, que tem capital originado do adicional de frete cobrado junto aos armadores atuantes na costa brasileira (AFRMM[7]), é administrado pelo BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social)[8], disponibiliza também linhas de crédito a estaleiros nacionais, para a implantação, expansão e modernização dos mesmos e para a construção ou reparo de embarcações.

As características intrínsecas do mercado, que historicamente apresenta comportamento cíclico e geram uma série de incertezas e riscos inerentes à indústria naval. Para reduzir os efeitos do risco da construção naval, que encarece e até impossibilita o seguro das obras, os governos de alguns países cedem garantias. Alguns exemplos são o crédito que o governo americano dá aos armadores nacionais e as garantias contra as variações cambiais, e a segurança que o governo japonês dá aos financiamentos.

No Brasil, esse tipo de garantias é concedido pelo FGCN (Fundo de Garantia para a Construção Naval). O FGCN tem a finalidade de garantir o risco de crédito das operações de financiamento à construção naval realizadas pelos agentes financeiros credenciados a operar com recursos do FMM. Ou seja, trata-se de um mecanismo criado pelo governo para

[7] Adicional ao Frete para a Renovação da Marinha Mercante: taxa incidente sobre o frete marítimo requerida de embarcações que realizam operações de embarque e desembarque nos portos brasileiros, com exceção dos portos fluviais e lacustres (menos no transporte de granéis líquidos), conforme disposto na Lei 10.893/2004.

[8] O BNDES é credenciado como agente financeiro do FMM.

aumentar os créditos disponibilizados pelos agentes financeiros do FMM, com redução das taxas de juros aplicáveis[9].

3. Políticas públicas de estímulo à competitividade e criação de fornecedores

A continuidade da indústria naval brasileira depende da redução progressiva das políticas de incentivos econômicos e de criação de demanda. Tais políticas foram importantes ao ressurgimento dos estaleiros nacionais, mas sua manutenção é onerosa ao governo. Portanto, é fundamental que sejam introduzidas políticas públicas de estímulo à competitividade dos estaleiros e a criação de fornecedores locais.

Esse item analisa quatro políticas de sucesso observadas em países de destaque na indústria como forma de atingir competitividade internacional: de formação de mão de obra, de criação de fornecedores, de estímulo à pesquisa e desenvolvimento e de especialização.

A indústria de construção naval é intensiva em mão de obra, de forma que políticas de formação e treinamento de trabalhadores do setor são essências. No Brasil, os mais de 20 anos de baixa na indústria levaram, ainda, a uma intensa migração dos trabalhadores para outros setores industriais. Além disso, durante esse período a formação de mão de obra foi deixada de lado, fato ilustrado pelo perfil dos trabalhadores atuais dos estaleiros. No Brasil, mais da metade dos trabalhadores dos estaleiros têm mais de 40 anos e 17% já passaram dos 50 anos[10]. Os inúmeros projetos de estaleiros anunciados nos últimos anos e os esforços para a retomada da indústria no país irão demandar uma série de políticas de formação de mão de obra que garantam a oferta de trabalhadores qualificados para o setor.

No exterior, dois exemplos de excelência na formação de trabalhadores para a indústria são Japão e Coréia do Sul. No primeiro, houve a criação de centros de formação de pessoal realocando mão de obra experiente e, no início, houve a importação de doutores e mestres (também observada na Coréia do Sul). Na Coréia, há a presença de um conselho setorial que monitora a oferta de mão de obra e promove cursos para atender aos picos de demanda.

No Brasil, criou-se centros de formação para auxiliar o ressurgimento da construção naval, mas em picos de demanda como o atual existe um déficit muito grande de trabalhadores no

---

[9] Fonte: Pinheiro Neto Advogados.
[10] Sinaval

setor. O PROMINP (Programa de Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gás Natural), através de seu Plano Nacional de Qualificação Profissional e algumas unidades do SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial)[11] apresentam alguns programas de formação de profissionais para a indústria naval, embora não sejam suficientes para todo o setor.

Políticas de criação de fornecedores são fortemente incentivadas na Coréia, através da substituição de importações via engenharia reversa e suporte à criação de tecnologia nacional pela formação de clusters de fornecedores ao redor dos estaleiros, esta última também adotado também na Noruega e no Japão.

No Brasil, não há políticas de esforço para a criação de fornecedores específicas para a construção naval, apenas no setor de E&P (Exploração e Produção de Petróleo e Gás), como os PROCAPs (Programas de Capacitação de Águas Profundas) lançados pela Petrobras, que visavam desenvolver as competências técnicas necessárias à empresa para a exploração de petróleo e gás em grandes profundidades. Dentro do escopo dos PROCAPs inseria-se a confecção de projetos de equipamentos necessários à Petrobras e a posterior atração de empresas parcerias para o desenvolvimento e fornecimento dos produtos. Tais programas foram fundamentais para a expansão das atividades e da produção da companhia, que hoje se tornou referência na exploração *offshore* em águas profundas.

Medidas de estímulo a P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) exclusivas à indústria naval são comuns em diversos países. Nos EUA e Coréia do Sul, por exemplo, houve a criação de plataformas de desenvolvimento tecnológico com agenda de pesquisa de longo prazo, envolvendo múltiplos agentes públicos e privados. Na Noruega e na Coréia do Sul, houve a criação de centros tecnológicos voltados à indústria. Outra ação com o objetivo de fortalecer e expandir a indústria naval, por meio da melhoria da capacidade inovadora das empresas, é o desenvolvimento de softwares de gestão, através de parcerias entre estaleiros e centros de pesquisa, medida adotada na China, Japão e Coréia.

[11] Como é o caso da parceria exercida para a formação de mão de obra para o Estaleiro Atlântico Sul, em Suape, Pernambuco.

No Brasil, não existem políticas de incentivo a P&D nos estaleiros, mas existem as redes na universidade, o Cenpes[12] (Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello), as redes temáticas do setor de E&P que desempenham esta função, porém de uma perspectiva complementar.

Os convênios estabelecidos entre a Petrobras e universidades buscam alavancar a indústria através da inovação tecnológica. Em 2002, por exemplo, deu-se origem ao CEENO (Centro de Excelência em Engenharia Naval e Oceânica), composto de pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP), da Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE) e do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), além da Petrobras. Dois dos principais projetos oriundos do CEENO foram os da MONOBR, pelos grupos TPN (Tanque de Provas Numérico) e Oceânica da USP, e da FPSOBR, pela COPPE, que são uma plataforma monocoluna, que apresenta diferenciais de segurança e flexibilidade e uma FPSO com maior mobilidade, respectivamente.

Alguns países adotaram como estratégia a especialização em nichos específicos. Assim, as competências criadas em projetos para explorar mercados específicos fez com que seus estaleiros fossem mais atrativos internacionalmente, superando inclusive problemas como o alto custo da mão de obra, no caso europeu.

O Japão, por exemplo, se especializou na construção de navios ecológicos, intitulados Super-Eco-Ships, movidos a motores a gás e elétricos, que reduzem a emissão de gás carbônico para três quartos da emissão de um navio comum, em 10% a emissão de óxidos de nitrogênio e em 40% a emissão de óxidos de enxofre. Ainda, garantem uma capacidade de carga de 20% e uma eficiência total de 10% superiores às de navios equivalentes, além de apresentarem melhoras significativas na manobrabilidade e controle. Na Europa, parte dos estaleiros se especializou em navios de cruzeiro e em contêineres quebra-gelo, que também têm alto grau de complexidade. Os estaleiros da Coréia do Sul constrõem uma variedade muito grande de navios. Alguns tipos em que o país se especializou foram as embarcações *offshore* de alta tecnologia (Semi-submersíveis e FPSO), tanqueiros quebra-gelo (Ice-Class Product) e gaseiros (LPG/LNG).

---

[12] Centro de pesquisas da Petrobras.

No Brasil, não se observa especialização acentuada em nenhum nicho, apesar da concentração de encomendas offshore.

4. Ações necessárias à criação da cadeia de fornecedores no Brasil

No Brasil, a questão do desenvolvimento de fornecedores locais ainda não encontra ações concretas do governo e representa o maior potencial de avanço no delineamento de novas políticas para o país. Essa seção faz um diagnóstico do desenvolvimento da cadeia de suprimentos da indústria naval (setor de navipeças) no Brasil, a partir da análise do caso da exploração e produção de petróleo (E&P).

No setor de E&P, a Petrobras atuou como coordenadora do processo de desenvolvimento de uma cadeia de fornecedores, incitando seu surgimento e, assim, garantiu a disponibilidade dos equipamentos necessários à expansão de suas atividades. A estratégia adotada pela Petrobras é apresentada na figura abaixo e descrita a seguir.

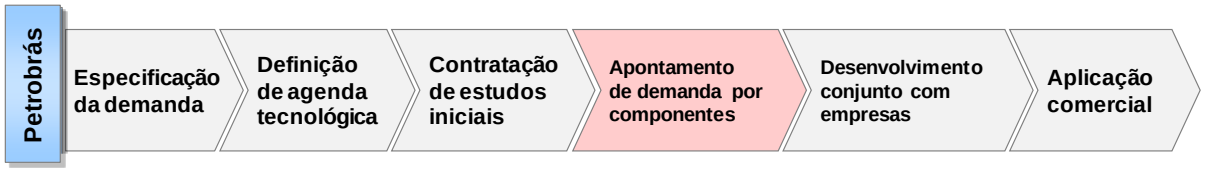


Figura 1: Organização do processo de amadurecimento tecnológico no setor de O&G

A Petrobras especifica suas demandas e, através do Cenpes, define a agenda tecnológica necessária para a viabilização do desenvolvimento de componentes dos quais necessita. Em seguida, são contratadas as redes temáticas, como IPT, USP, Coppe, P&D interno, com investimentos do CTPetro para a realização de pesquisas iniciais. Até essa etapa a participação no desenvolvimento é inteira por parte dos centros de pesquisa.

A etapa de apontamento de demanda por componentes é uma parte crucial, pois especifica a demanda para potenciais fornecedores. Nessa fase, são gerados os relatórios técnicos que são enviados para a próxima etapa. No desenvolvimento conjunto com empresas, os fornecedores se envolvem a partir de termos de cooperação e da transferência de conhecimento e a participação dos centros de pesquisa é limitada. Nessa etapa, órgãos como o CTPetro (Fundo

Setorial do Petróleo e Gás Natural), ligado à FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), oferecem a possibilidade de financiamentos.

Na última etapa, a aplicação comercial, são gerados os protótipos e testes do projeto por parte dos fornecedores, já sem a participação dos centros de pesquisa.

No setor de construção naval, por sua vez, a ausência de um organizador no processo de amadurecimento tecnológico impediu, até o momento, o surgimento de uma cadeia de desenvolvimento de tecnologia nacional para o fornecimento de componentes à indústria, como ilustra a Figura 2..

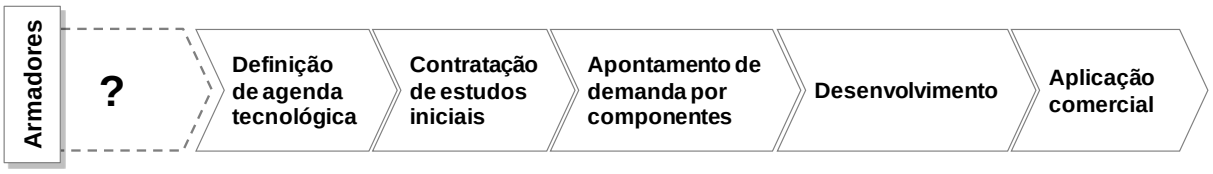


Figura 2: Organização do processo de amadurecimento tecnológico, inexistente no setor da construção naval

No contexto atual da construção naval brasileira, existe uma lacuna não preenchida no processo de desenvolvimento e fabricação de navipeças, pois o detalhamento das especificações técnicas dos equipamentos não é feito por nenhum agente da cadeia.

Os armadores e estaleiros limitam-se a empenhar esforços apenas suficientes para cumprir os índices de nacionalização contratuais, de modo que muitos dos equipamentos com maior conteúdo tecnológico são importados. A importação desses equipamentos, já que não existe esse mercado no país e, mesmo quando existir, os preços só se tornarão competitivos em relação aos preços no mercado internacional quando houver escala suficientemente grande de produção.

Os fornecedores estão presos na inércia da indústria, que ainda não conseguiu definir uma demanda estável no médio prazo que justificasse os investimentos em capacidade e certificação.

Além disso, não existem redes de universidades e centros dedicados às questões tecnológicas dos fornecedores da construção naval que possam dar continuidade às etapas do processo. A disponibilidade de financiamentos para a P&D desse setor é pequena, os meios atuais de

alertar fabricantes ainda não funcionam e as empresas estão muito distantes dos centros de tecnologia.

A própria indústria de navipeças deve assumir o papel de coordenação do processo, se organizando em torno de uma entidade, atuando na divulgação da demanda e na difusão de tecnologia através dos centros tecnológicos e universidades. Apesar de apoiarem o aumento do conteúdo nacional, armadores nacionais e estaleiros não possuem real necessidade de criar fornecedores locais e não irão assumir a coordenação do processo. O desafio para a indústria não é criar tecnologia, mas capacitar-se a produzir equipamentos com tecnologia já conhecida, em um primeiro momento, para entrar no mercado. Hoje, ainda não existe um responsável pela condução deste processo, no Brasil.

A incerteza da demanda por navipeças para os potenciais fornecedores ainda impede que o setor se organize. Propõe-se com alternativa para o setor brasileiro a criação de entidades capazes de prestar informações básicas ao setor, para acelerar sua organização e desenvolvimento.

Essas entidades deverão determinar a demanda e como deverá ser o processo de compras, desde o contrato de construção do navio até a entrega do mesmo, analisando quando se deve começar a fabricar, para quem vender, com quais especificações, como vender, por quem deve ser aprovada a compra, até, finalmente, a entrega do produto final.

Esse centro de informações às indústrias de navipeças deve desempenhar as seguintes funções:

- Realizar o levantamento das necessidades da indústria em carteira e promover a divulgação para os fornecedores
- Fornecer estudos de demanda de médio e longo prazo
- Detalhar os processos de compra dos estaleiros e armadores
- Esclarecer informações sobre aspectos tributários: análise da legislação tributária incidente sobre o mercado permitindo a fácil compreensão por parte dos agentes do mercado e esclarecendo aspectos de difícil compreensão

Atualmente, esta função é desempenhada parcialmente pela ONIP (Organização Nacional da Indústria do Petróleo), porém faz-se necessário uma atuação mais abrangente.

Na questão de criação de tecnologia nacional e absorção de tecnologia já existente na indústria, os Centros Tecnológicos podem auxiliar em duas frentes: orientando o surgimento de fornecedores e promovendo uma trajetória competitiva, conforme esquematizado na Figura 3.

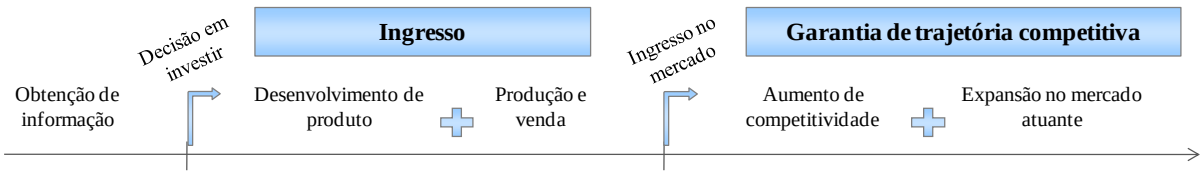


Figura 3: Duas frentes de ação dos Centros Tecnológicos

Após a obtenção de informações pelos centros e a decisão de investir, o centro de desenvolvimento tecnológico pode atuar de forma a acelerar o processo de ingresso no mercado, através do desenvolvimento, produção e venda do produto.

Isso pode ser feito a partir da seleção do produto, conhecimento de requisitos mínimos, obtenção de financiamento, aquisição de *know-how*, fixação de tecnologia reconhecida e desenvolvimento de protótipo com realização de testes e aperfeiçoamentos.

Após o ingresso no mercado, o centro poderá auxiliar os fornecedores a melhorar seus processos produtivos e a expandir o mercado atuante, através da difusão de boas práticas já conhecidas de outros setores, do desenvolvimento de novas tecnologias, do ingresso em diferentes nichos de mercado e da melhoria contínua em produtos e processos.

O CTDUT (Centro de Tecnologia em Dutos) é um exemplo bem sucedido de centro tecnológico voltado à indústria.

O CTDUT é um centro especializado em dutos voltado ao desenvolvimento de produtos e testes. Foi criado em 2006, através de ação conjunta da PUC-RJ, Transpetro e Petrobras e atua em quatro linhas:

- Difusão tecnológica: em parceria com o IME (Instituto Militar de Engenharia), o CTDUT desenvolve um projeto de simulação computacional para sistema de georeferenciamento de dutos. Esta ferramenta deve auxiliar o projeto de posicionamento de PIGs (Pipeline Inspection Gauge) do Cenpes;

- Desenvolvimento de novos produtos: projeto realizado em parceria com a Universidade Federal Fluminense estuda novas técnicas para detecção de vazamentos, usando Inteligência Artificial;
- Promoção de parcerias e cooperação universidade-empresa: em parceria com a PUC/RJ (Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro), há o projeto de simulação numérica e experimental de válvulas de alívio. Envolve a construção de um laboratório em grande escala nas instalações do CTDUT e um para modelos reduzidos na universidade;
- Formação de mão de obra: a Clarion Technical Conferences of Houston e o Scientific Surveys Ltd. do Reino Unido promoverá curso prátio sobre PIGs no CTDUT

Nas navipeças, o leque de equipamentos navais exigirá a constituição de muitos destes centros e será imprescindível o aproveitamento de infraestrutura já existente nas universidades (como a USP – Universidade de São Paulo – e a UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro) e centros de pesquisa (por exemplo, o IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas – da USP).

5. Conclusões

O Brasil já deu os passos iniciais para a retomada da indústria de construção naval do país. A política de incentivos, como menores cargas tributárias, opções de financiamento e concessão de garantias à indústria, impulsionada pela criação de demandas cativas aos estaleiros nacionais deram impulso fundamental ao desenvolvimento do setor e os resultados já puderam ser percebidos nos últimos anos.

Agora, se faz importante a execução de políticas de estímulo à competitividade da indústria nacional, de forma que esta se torne cada vez menos dependente de ajuda econômica governamental e possa se tornar competitiva no mercado internacional. Tais ações ainda são bastante tímidas e devem se concentrar na identificação de nichos de mercado especializados, no incentivo à P&D, na formação de mão de obra e no desenvolvimento da cadeia de fornecedores.

No caso da identificação e especialização em nichos de mercado, o país se voltou, naturalmente, às demandas do setor de exploração de petróleo e gás *offshore*, como resultado da presença da Petrobras e da expansão de suas atividades de exploração em águas profundas. Entretanto, não há inteligência de projeto para o desenvolvimento de tecnologia de ponta que

permita à indústria nacional se tornar indutora de novas tecnologias e referência no cenário mundial.

A atividade de P&D ainda é pouco presente nos estaleiros e concentra-se em algumas redes de pesquisa estabelecidas com universidades, principalmente graças a esforços da Petrobras e da Transpetro. Tais redes, entretanto, ainda são embrionárias.

Os estímulos para a formação de mão de obra também são ainda insuficientes e não deverão ser capazes de atender plenamente à expansão da indústria. O desenvolvimento de centros específicos ao setor poderia suprir tal carência, capacitando profissionais para atuação na construção naval.

No que tange ao desenvolvimento da cadeia de fornecedores à indústria, observa-se apenas alguns esforços de mobilização de fornecedores que se voltam para elementos de pouco conteúdo tecnológico e de serviços. A falta de estímulo breca o desenvolvimento do setor. Como alternativa, sugere-se a criação de centros de tecnológicos que possam desenvolver o papel de indutores do desenvolvimento do setor de navipeças, detalhando e quantificando as necessidades da indústria e participando ativamente do desenvolvimento de fornecedores.

6. Bibliografia

Bartzokas, Anthony. *Country Review Korea*.

CEGN – Estratégia para Navipeças Brasileira. São Paulo, 2008. Disponível em: Centro de Estudos em Gestão Naval: www.gestaonaval.org.br

Coutinho, L., Sabbatini, R., & Ruas, J. A. Forças atuantes na indústria naval. São Paulo, 2006. Disponível em: Centro de Estudos em Gestão Naval: www.gestaonaval.org.br

EFMN – The European Foresight Monitoring Network - *Korea 2030*, Coréia

European Comission. *LeaderSHIP 2015 – Defining the future of the European shipbuilding and shiprepair industry*

Lu, Zhendong. *Can China become nº1 shipbuilding nation in 2015*, 2005.

Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Japan. *Japanese shipbuilding policy since 2001*, 2006.

OECD – Organization for Economic Co-operation and Development

Pinto, M. M. O, Colin, E. C., Favarin, J. V. R., Akao, D. R. P. L. *Legislação de Cabotagem no Brasil: Oportunidades e Entraves para a Indústria de Construção Naval*, COPINAVAL 2007, São Paulo, 2007. Disponível em: Centro de Estudos em Gestão Naval: www.gestaonaval.org.br

Rizzo, Carlos Filipe. ***Estruturação de Mecanismos de Garantia para o Financiamento de Construção de Embarcações para Capacitação da Indústria Nacional*** – PROMINP

Desenvolvimento de um modelo explicativo das crises da indústria de construção naval mundial: uma abordagem por dinâmica de sistemas e cenários

Julio Vicente Rinaldi Favarin
Centro de Estudos em Gestão Naval
julio.favarin@gestaonaval.org.br

Alfonso Pires Gallardo
Centro de Estudos em Gestão Naval
alfonso.gallardo@gestaonaval.org.br

Valdir Lopes Anderson
Centro de Estudos em Gestão Naval
valdir.anderson@gestaonaval.org.br

Joaquim Rocha dos Santos
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia Naval e Oceânica
jrsantos@usp.br

Marcelo Ramos Martins
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia Naval e Oceânica
mrmartin@usp.br

RESUMO

O mercado de fretes marítimos possui elevada volatilidade e influencia diretamente os ciclos da indústria de construção naval, pois são as expectativas dos armadores em relação à demanda por transporte que orientam a compra de novos navios. A demanda por transporte marítimo está associada ao nível de atividade econômica mundial. Sempre que a economia encontra-se aquecida, o comércio internacional se intensifica e os fretes sobem. Este trabalho tem por objetivo avaliar os determinantes da ciclicidade da indústria naval mundial e desenvolver um modelo explicativo das grandes crises deste setor.

Avaliar a demanda por construção naval através da Dinâmica de Sistemas apresenta enorme desafio de modelar o mercado de frete marítimo, extremamente cíclico devido ao grande atraso verificado entre a percepção da necessidade da frota e a efetiva incorporação de navios novos à mesma. A metodologia consiste em, primeiramente, modelar as 4 dinâmicas deste mercado: de fretes marítimos, de novas encomendas, de demolições e de entregas. Com base nesse modelo foram elaborados cenários futuros e suas respostas aos estímulos exógenos ao

modelo, tais como aquecimento ou estagnação econômica, aumento ou diminuição do incentivo governamental à construção naval e variações nos custos operacionais dos navios representado pela variação do preço do *bunker*.

Este trabalho traz uma contribuição ao entendimento das crises cíclicas da construção naval e dos *drivers* que orientam a demanda por navios. Também analisa os resultados do modelo para 3 cenários distintos, sendo capaz inclusive de antecipar alguns efeitos sobre o mercado de fretes, de demolições e de novas encomendas decorrentes da atual crise da indústria mundial.

Palavras-chave: Dinâmica de Sistemas; Técnica de Cenário; Ciclicidade da Indústria Naval

ABSTRACT:

The market for freight shipping has high volatility and influence directly the cycles of the shipbuilding industry, because they are the expectations of the ship owners in relation to the demand for transport that guide the purchase of new vessels. The demand for sea transport is associated with the level of economic activity worldwide. When the economy is heated, the international trade intensifies and the rates rise. This study aims to evaluate the determinants of the cyclicality of the industry worldwide and to develop a model explaining the major crises of this sector.

Assess the demand for shipbuilding by Dynamic Systems presents enormous challenge of shaping the market for ocean freight, extremely cyclical due to the delay between the perception of the need of the fleet and the effective incorporation of new vessels to it. The methodology consists firstly in modeling the four dynamics of this market: freight shipping, new orders, demolition and deliveries. Based on this model were developed future scenarios and their responses to stimuli outside the model, such as heating or economic stagnation, increasing or decreasing the incentive for government shipbuilding and changes in operating costs of vessels represented by the variation in the price of bunker.

This work brings a contribution to the understanding of the cyclical crises of shipbuilding and the drivers that drive the demand for ships. It also analyzes the model results for 3 different scenarios, including being able to anticipate some effect on the market for freight, for demolition and new orders resulting from the current crisis in the industry worldwide.

Keywords: Dynamic System; Scenario Techniques; Shipbuilding Cyclicality.

1. Introdução

A demanda por transporte marítimo está associada ao nível de atividade econômica mundial. Sempre que a economia está aquecida, o comércio internacional se intensifica e os fretes sobem. Reconhecidamente, as amplitudes destas variações são enormes e demonstram a incerteza de um mercado em que suspiros da economia podem criar uma demanda muito grande por navios em um curto espaço de tempo, elevando rapidamente os fretes e o preço de novos navios. Isso impacta nas expectativas dos armadores em relação à demanda por transporte, e orienta a compra de novos navios. A defasagem típica dessa indústria, entre a formação dessas expectativas e a entrega do navio, pode ser de 3 a 5 anos no pico de demanda, que representa a fila na carteira de encomendas e o tempo de construção nos estaleiros. É natural que a volatilidade do mercado de fretes seja absorvida e amplificada pela indústria de construção naval, favorecendo o aparecimento de "bolhas".

Segundo Stopford (2005), o principal *driver* dessa dinâmica origina-se nos ciclos de crescimento dos países. Quando evoluem de uma condição de baixo desenvolvimento para uma economia avançada, a oferta interna não consegue suprir a forte demanda por insumos e as importações de recursos primários explodem. São exemplos os ciclos de crescimento da economia japonesa entre 1965 e 1975, e o asiático, de 1990 até o presente.

Atualmente, o comércio internacional encontra-se bastante aquecido devido ao acelerado crescimento da China e outros países emergentes.

Além de volátil, a indústria naval apresenta tendência à sobre-capacidade. A justificativa reside em sua importância estratégica, pois envolve: a soberania do país, o desenvolvimento da cadeia industrial, a possibilidade de favorecimento da balança comercial e a geração de empregos em grande escala. Esse conjunto de benefícios faz os governos da grande maioria dos países costeiros canalizarem incentivos variados para o fomento desta atividade. Estes incentivos, se gerados de forma continuada, prejudicam a indústria.

O presente trabalho faz uma modelagem da indústria de construção naval sob a abordagem de Dinâmica de Sistemas e analisa cenários diversos para um horizonte até 2030.

2. Modelagem por Dinâmica de Sistemas

A premissa fundamental desse trabalho é que a dinâmica da indústria de construção naval depende do mercado de fretes. O frete, por sua vez, é também dependente da oferta de navios, mas sofre influência principalmente da demanda por transporte, ditada pelo aquecimento da economia.

Essa precedência da demanda sobre a oferta é explicada pela elasticidade de ambas no curto prazo. A oferta é elástica porque o preço pode variar desde o limite de seus custos variáveis de operação do navio até o máximo obtido pelo equilíbrio do mercado. Já a demanda é inelástica, pois havendo bens para serem transportados, especialmente com a economia aquecida, os clientes estão dispostos a pagar fretes num amplo intervalo.

Sendo assim, definiu-se como escopo deste trabalho a elaboração de um modelo simplificado da capacidade instalada de construção de embarcações, mas o foco foi mantido sobre o lado da demanda por construção naval, fortemente influenciada pela demanda por transporte marítimo. A metodologia da modelagem é sugerida por Sterman (2000) e representada na Figura 1.

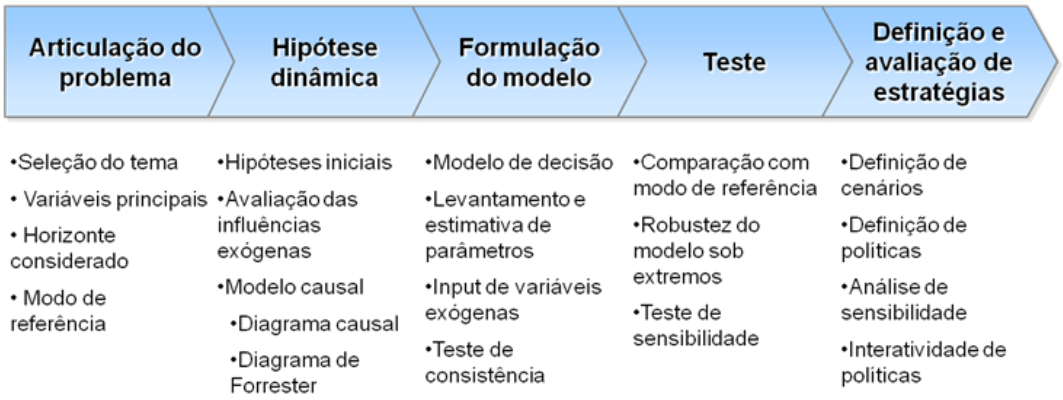


Figura 1: Processo de modelagem em Dinâmica de Sistemas

A questão central do trabalho consiste em uma pergunta motivadora que guiará a busca de resultados: “Quando será a próxima crise da Construção Naval mundial?”. O horizonte de análise foi definido em 25 anos (disponibilidade de dados históricos, 1980-2005) mais 25 anos de projeção (até 2030). Tal período foi adotado por englobar um ciclo da indústria de construção naval.

As forças-chave são aqueles fatores que guiam as decisões dos atores do problema modelado, influindo no sucesso ou fracasso das decisões tomadas. Foram consideradas as seguintes forças-chave nesse trabalho (Schwartz, 2006):

- *Capacidade dos estaleiros*: consiste na estrutura de ativos disponível para a produção de navios. Sofre estímulos da demanda por navios, porém responde com uma defasagem devida ao tempo para a tomada de decisão do investimento e o tempo de construção;
- *Frota de navios*: consiste no número de navios operando e representa a capacidade de transporte marítimo do mundo;
- *Demanda por navios*: consiste na necessidade de capacidade de transporte marítimo;

- *Frete marítimo*: é o preço atribuído ao transporte marítimo, resultado da interação entre a oferta e demanda por transporte marítimo;
- *Demolições*: representa a desativação da frota operante, resultado da obsolescência ou do excesso de capacidade.

As forças-motrizes são as forças do macroambiente capazes de influenciar as forças-chave, tais como forças sociais, econômicas, políticas, ambientais, tecnológicas, etc. Neste trabalho, foram consideradas forças motrizes (Schwartz, 2006):

- *Economia mundial:* o nível de atividade da economia mundial determina a demanda por comércio internacional, que por sua vez afeta a demanda por transporte marítimo;
- *Incentivos governamentais para CN:* devido a sua natureza estratégica, essa indústria recebe diversos incentivos governamentais, em quase todos os países, criando uma tendência a sobre-capacidade;
- *Padrão tecnológico:* diz respeito às normas e requisitos técnico-ambientais exigidos pelos organismos internacionais (MARPOL 73/78 que definiu a obrigatoriedade do casco-duplo) ou originados para atender um novo nicho (ex. ampliação do canal do panamax);
- *Custos operacionais dos navios*: os custos de bunker, entre 15% a 30% dos custos totais da viagem, têm impacto significativo sobre a lucratividade da operação e por isso deve afetar a decisão de investimentos.

Foram adotados três modos de referência, com dados disponíveis entre 1980 e 2005: a evolução da frota, da UNCTAD (2006); a evolução das demolições de navios, de Stopford (2005); e a evolução da entrega de navios, de Stopford (2005).

Uma visão inicial do modelo pode ser vista na Figura 2. O diagrama de fluxos e vazões é exibido para mostrar a complexidade do trabalho desenvolvido. O detalhamento das variáveis utilizadas será mostrado a seguir.

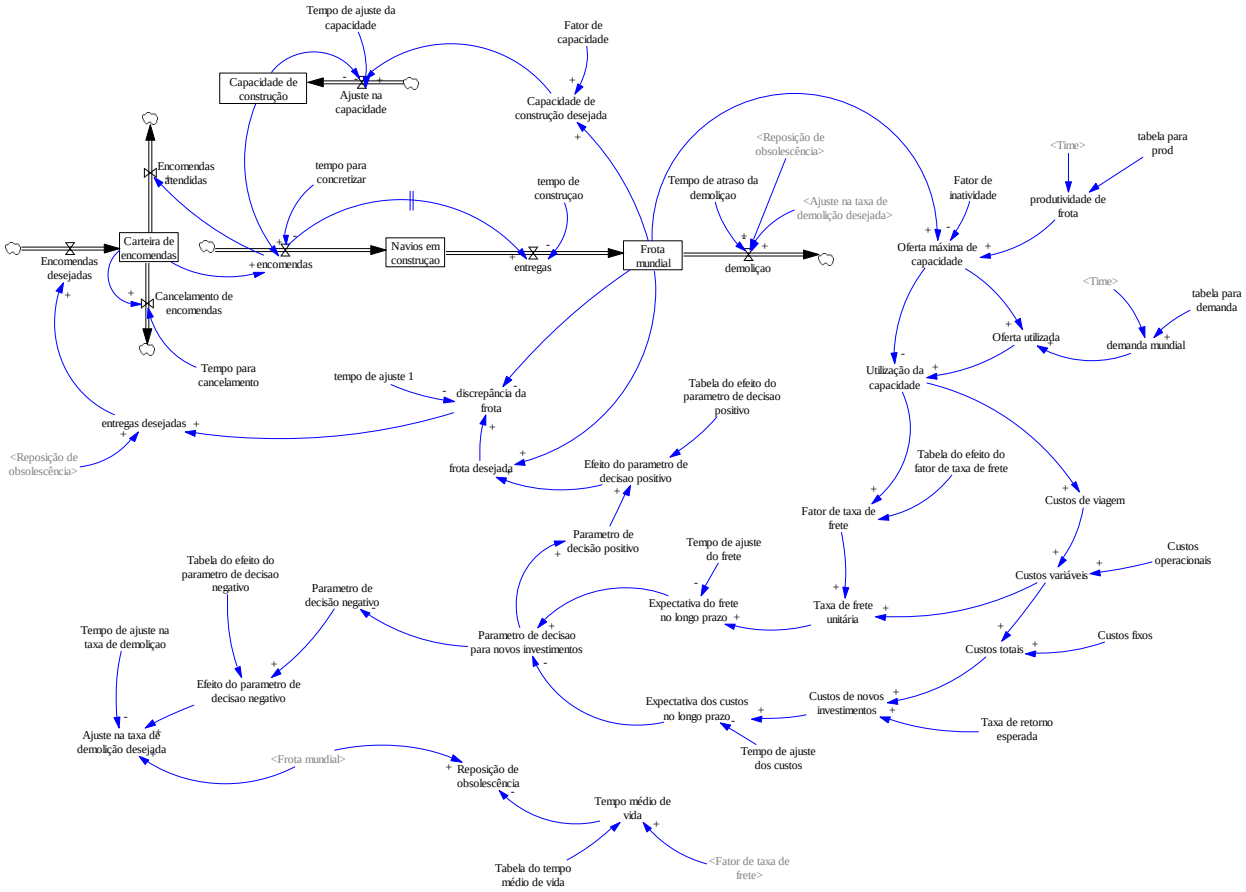


Figura 2: Diagrama causal completo do modelo

A linha principal de fluxo de material utilizada no modelo ilustrado baseia-se no “modelo de construção de casas” de Sterman (2000). Neste modelo, a construção de casas apresenta um atraso (*delay*) exponencial de ordem 3.

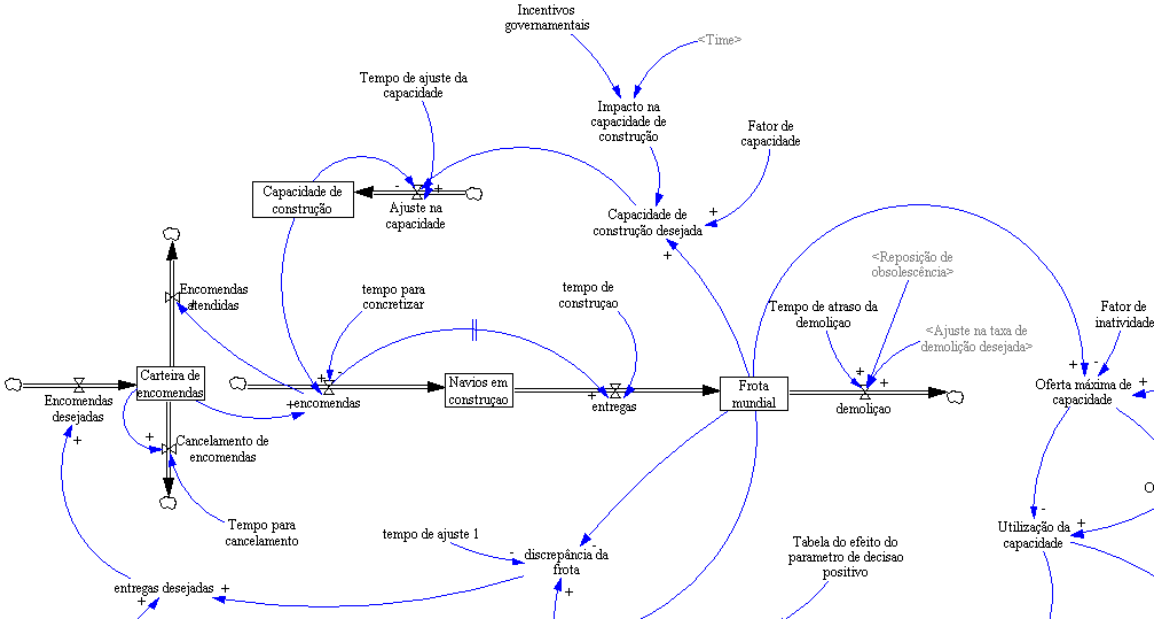


Figura 3: Fluxo de informação e fluxo material da frota mercante

Algumas adaptações ao modelo foram necessárias, como pode-se observar na Figura 3. Santos (2007) estimou por meios estatísticos os parâmetros fundamentais para modelar as expectativas, efeitos diversos sobre as decisões e outros itens que viabilizaram a execução deste trabalho.

Em relação ao modelo de Santos (2007), foi acrescentado um nível chamado “Encomendas desejadas”, que apresenta-se separado do fluxo de material por ser considerado um fluxo de informação. Segundo Sterman (2000), no fluxo de informações (pedidos, mensagens, etc.) não ocorre a continuidade obrigatória verificada no fluxo de material (casas, navios e outros produtos em construção).

O fluxo de material não é interrompido, ou seja, um produto em construção geralmente é concluído e transforma-se em produto final. Já a informação pode ser perdida ou desviada, como é o caso das encomendas de navios no caso do modelo desenvolvido.

Como desejava-se reproduzir o efeito de cancelamento das encomendas não atendidas em prazo satisfatório, essa modelagem foi adotada.

Além dos níveis necessários para construir os fluxos descritos, há ainda um outro nível representando a capacidade dos estaleiros. Esta capacidade é alimentada pela capacidade de construção desejada, função da frota mundial de acordo com Santos (2007), além de um incentivo governamental à atividade de construção naval (devido ao fato de ser uma indústria

estratégica, como já foi discutido), que se traduz como um impacto sobre a capacidade de construção desejada.

Na definição do nível de fretes, é necessário modelar um fator fundamental: a utilização da capacidade da frota. A oferta de transporte é função da frota disponível (obtida endogenamente) e da sua produtividade (considerada exógena no modelo). A Figura 4 ilustra o modelo.

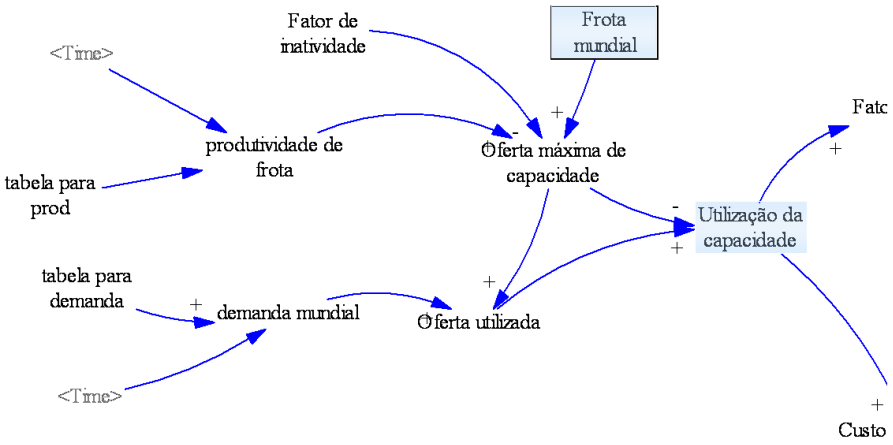


Figura 4: Oferta máxima e oferta utilizada

A demanda foi considerada exógena, por simplicidade. Ela era conhecida no período histórico analisado, e para as projeções era interessante oferecer ao modelo tabelas com projeções externas definidas na etapa de formulação de cenários.

Da comparação da utilização da capacidade (multiplicada por um fator chamado “Fator de taxa de frete”, função da utilização e equivalente a um número de vezes os custos de variáveis) e dos custos fixos de viagem é definida a “Taxa de frete unitária” (Figura 5). Segundo Stopford (2005), os fretes variam entre 0,5 e 4 vezes os custos variáveis.

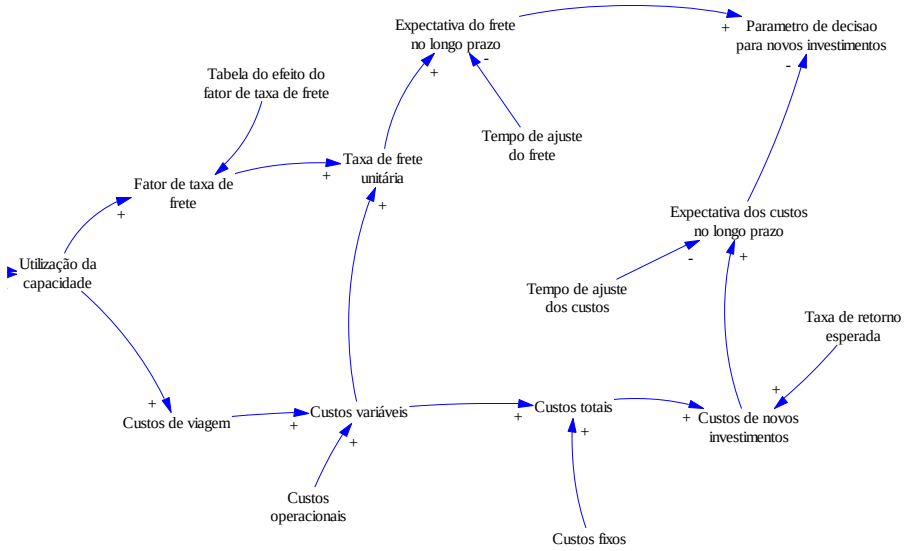


Figura 5: Parâmetro de decisão de novos investimentos

Nesse ponto é definida também a expectativa de frete futuro, que aliado à expectativa de custos operacionais e de novos investimentos, definem a decisão de novos investimentos.
Desse parâmetro, são feitos ajustes que influenciam na frota desejada e na pressão sobre a demolição de navios por obsolescência (Figura 6).

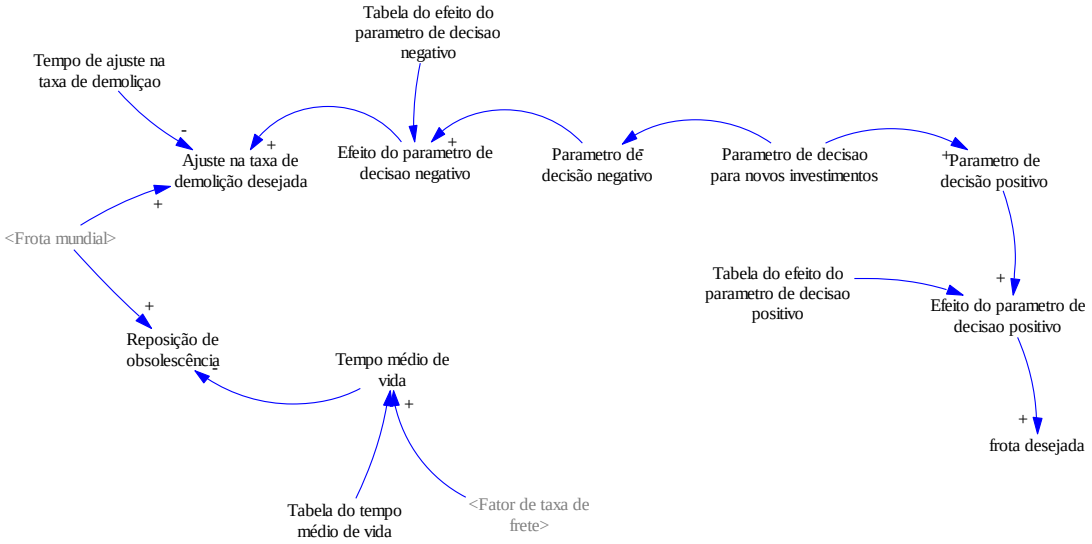


Figura 6: Determinação da frota desejada

A validação da modelagem foi verificada após o ajuste dos parâmetros e confirmação do teste de aderência do modelo ao modo de referência. O resultado foi satisfatório, como observa-se na Figura 7 e seguintes, nas quais a linha vermelha representa o resultado do modelo e a linha azul o modo de referência.

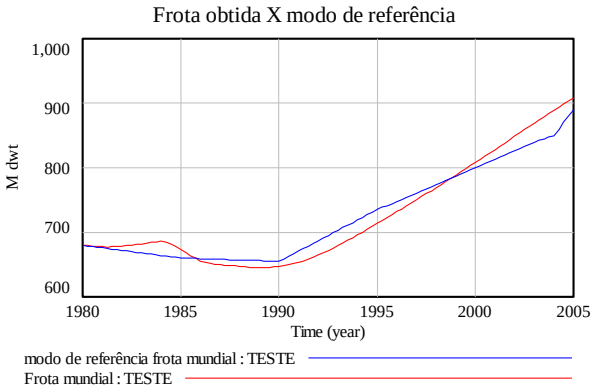


Figura 7: Comparação da modelo vs. MR para a frota mundial

Da mesma forma, pode-se observar o comportamento das entregas e demolições obtidas do modelo frente às realizadas no período, apresentada na Figura 8.

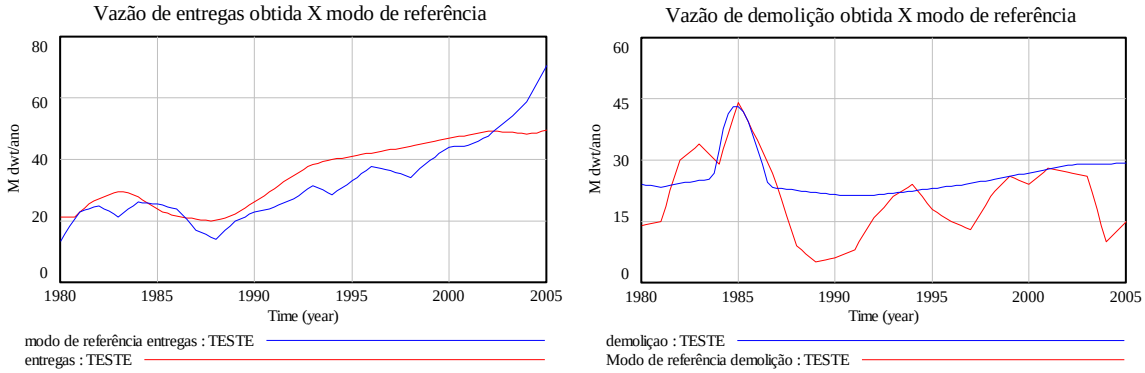


Figura 8: Comparação da modelo vs. MR para as entregas e demolições

A diferença entre a representação das demolições e os valores praticados pode ser explicada pela excessiva simplificação do processo de sucateamento. Ele não considera o complexo mercado de navios de segunda mão, simplificado pela determinação de uma vida útil média, além de fatores econômicos e tecnológicos diversos, como a obrigatoriedade de casco duplo para navios petroleiros implantada no período e que não foi representada neste modelo.

4. Elaboração de cenários

A avaliação de cenários futuros é o grande foco deste trabalho. Através deles é possível determinar tendências de comportamento da demanda por construção naval frente a variações de forças econômicas, sociais, políticas (e outras forças motrizes) segundo estimativas as mais diversas.

O primeiro passo na elaboração de cenários é a hierarquização das forças segundo seus graus de importância e incerteza. Este processo foi subjetivo e baseado no melhor entendimento dos autores acerca do problema. A Tabela 2 ilustra os resultados.

Tabela 1: Tabela de importância e incerteza das forças-chave e motrizes

		Importância	Incerteza	Módulo
Forças-chave	Capacidade dos estaleiros	4	2	4,5
	Frota de navios	5	3	5,8
	Demanda por navios	5	4	6,4
	Frete marítimo	3	5	5,8
	Demolições	2	2	2,8
Forças motrizes	Economia mundial	5	5	7,1
	Incentivos governamentais	3	3	4,2
	Padrão tecnológico	2	2	2,8
	Custos operacionais dos navios	3	5	5,8

Para medir a relevância de uma força para a definição de um novo cenário, utilizou-se a distância euclidiana do ponto do cenário à origem. No ranqueamento das forças, entretanto, considerou-se um fator adicional: a dependência entre as forças.

Forças dependentes umas das outras em algum grau, como frota de navios e frete marítimo, não definem bons cenários. Forças independentes, como economia mundial e frota de navios, por exemplo, fornecem cenários adequados para uma análise criteriosa.

A Tabela 2 mostra o resultado da hierarquização de forças.

Tabela 2: Hierarquização das forças

Forças	Módulo	Ranking
Economia mundial	7,1	1
Demanda por navios	6,4	2
Frota de navios	5,8	3
Frete marítimo	5,8	3
Custos operacionais dos navios	5,8	3
Capacidade dos estaleiros	4,5	4
Incentivos governamentais	4,2	5
Demolições	2,8	6
Padrão tecnológico	2,8	6

De acordo com a tabela acima, extrai-se três dimensões principais para os cenários:

- **Dimensão 1 – Economia mundial:** As quatro primeiras forças do ranking (economia mundial, demanda por navios, frota de navios e frete) possuem relação com a demanda por transporte marítimo. Todas se originam na dinâmica da economia e, portanto esta será

a dimensão utilizada nos cenários. Tem impacto na demanda por navios (???). A projeção da economia mundial pode assumir um ritmo de crescimento muito forte (2), apenas forte (1), moderado (0), pouco ou zero (-1), e com variações negativas (-2).

- **Dimensão 2 – Custos operacionais dos navios:** Variam em função do preço do barril de petróleo e possuem influência sobre a rentabilidade da operação. Recentemente os gastos dos armadores com *bunker* duplicaram. No futuro podem ter um aumento muito forte (2), apenas forte (1), moderado (0), pouco ou zero (-1), e com variações negativas (-2).
- **Dimensão 3 – Incentivos governamentais:** Possuem forte influência na capacidade instalada da indústria de Construção Naval. Por exemplo, mesmo com uma expectativa de desaquecimento das encomendas para os próximos anos, o governo da China pretende investir pesadamente nos estaleiros chineses, ampliando a capacidade mundial em 7% nos próximos 5 anos. No futuro, os subsídios podem aumentar muito (2), aumentar moderadamente (1), manterem-se no mesmo nível (0), reduzir um pouco (-1), ou reduzir muito (-2).

Criou-se três os cenários de interesse:

- **Desaquecimento Global:** A economia mundial enfrenta dificuldades nos anos seguintes, com a explosão de sucessivas crises financeiras, a redução do nível de atividades norte-americano e da economia chinesa. O preço do petróleo continua em uma trajetória crescente e os custos operacionais (*bunker*) aumentam na mesma velocidade. Com a baixa das encomendas para o setor naval, os governos reduzem seus incentivos para esse setor, e os estaleiros reduzem sua capacidade instalada.
- **Boom da Capacidade:** A economia mundial enfrenta dificuldades nos anos seguintes e desacelera seu ritmo de crescimento. O preço do petróleo pára de aumentar com o aumento da produção nos países não-OPEP e os custos operacionais permanecem estáveis. As políticas de incentivo aos estaleiros se intensificam, puxadas sobretudo pela China que investe pesadamente em infraestrutura e capacidade de Construção Naval.
- **Explosão da demanda:** A economia mundial não esmorece frente às crises financeira e continua em ritmo de crescimento acelerado puxada, sobretudo, pelos BRICs. O choque do petróleo passou e os preços retornam ao patamar de US$100/barril, principalmente pelo aumento da oferta dos países não-OPEP e ascensão de fontes alternativas como etanol e gás natural. Os estaleiros estão em posição confortável e os incentivos governamentais apenas mantêm-se no mesmo nível que atualmente

A Tabela 3 ilustra os cenários descritos.

Tabela 3: Tabela-resumo dos cenários e dimensões

Cenários:	desaquecimento	boom da capacidade	explosão da demanda
Economia mundial	-1	+1	+2
Custos operacionais	+2	+0	-1
Incentivos governamrentais	-1	+2	+0

4. Discussão dos resultados do modelo para os cenários

O primeiro cenário, definido por "desaquecimento", apresenta baixa demanda por transporte naval e redução dos incentivos governamentais para construção, impactando negativamente no tamanho da frota (percebe-se uma quebra da tendência de crescimento), o frete permanece baixo pela baixa demanda da economia desaquecida (Figura 9).

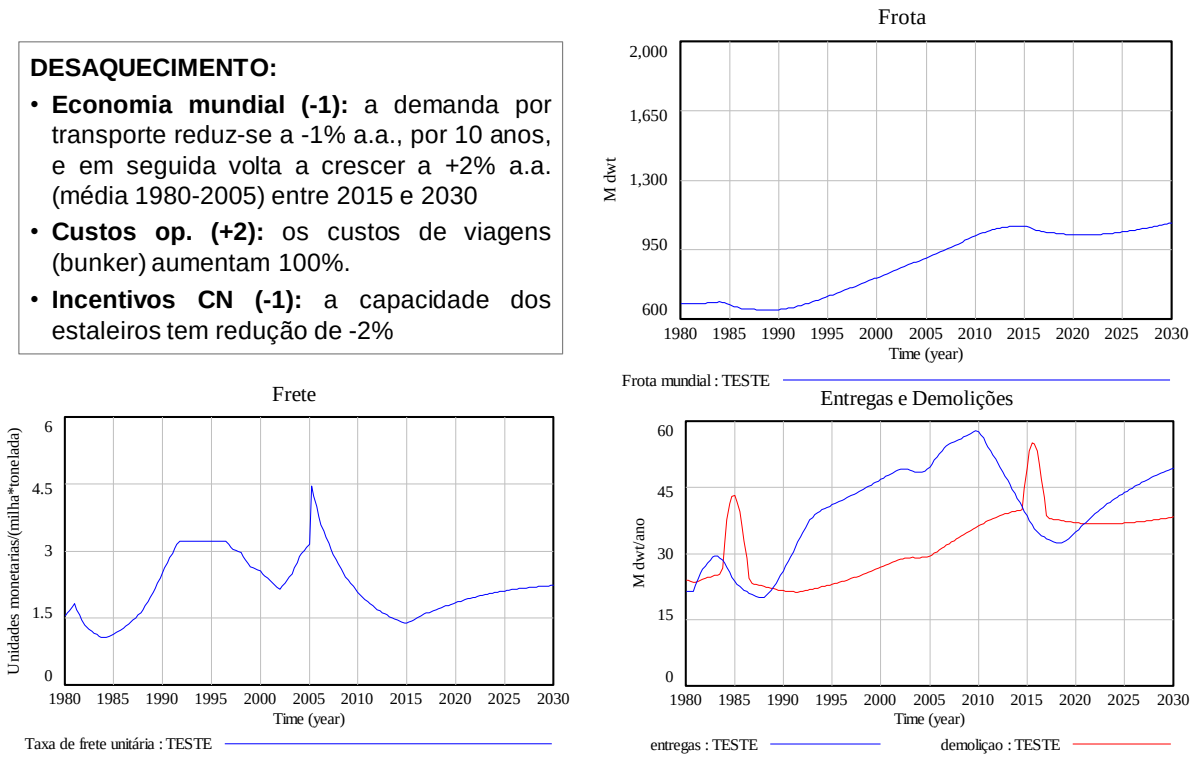


Figura 9: Quadro-resumo dos inputs e resultados do modelo para o cenário "Desaquecimento Global"

Este resultado representaria uma crise generalizada no mercado de transporte marítimo e indústria de construção naval, consistindo num cenário bastante pessimista.

No cenário seguinte, de "Boom da capacidade", a economia mundial apresenta alta e os custos operacionais ficam estáveis, fortalecendo a demanda por navios. Os incentivos governamentais são aumentados, impactando na alta capacidade da construção e forte crescimento da frota (Figura 10). Trata-se de um cenário bastante otimista para os estaleiros.

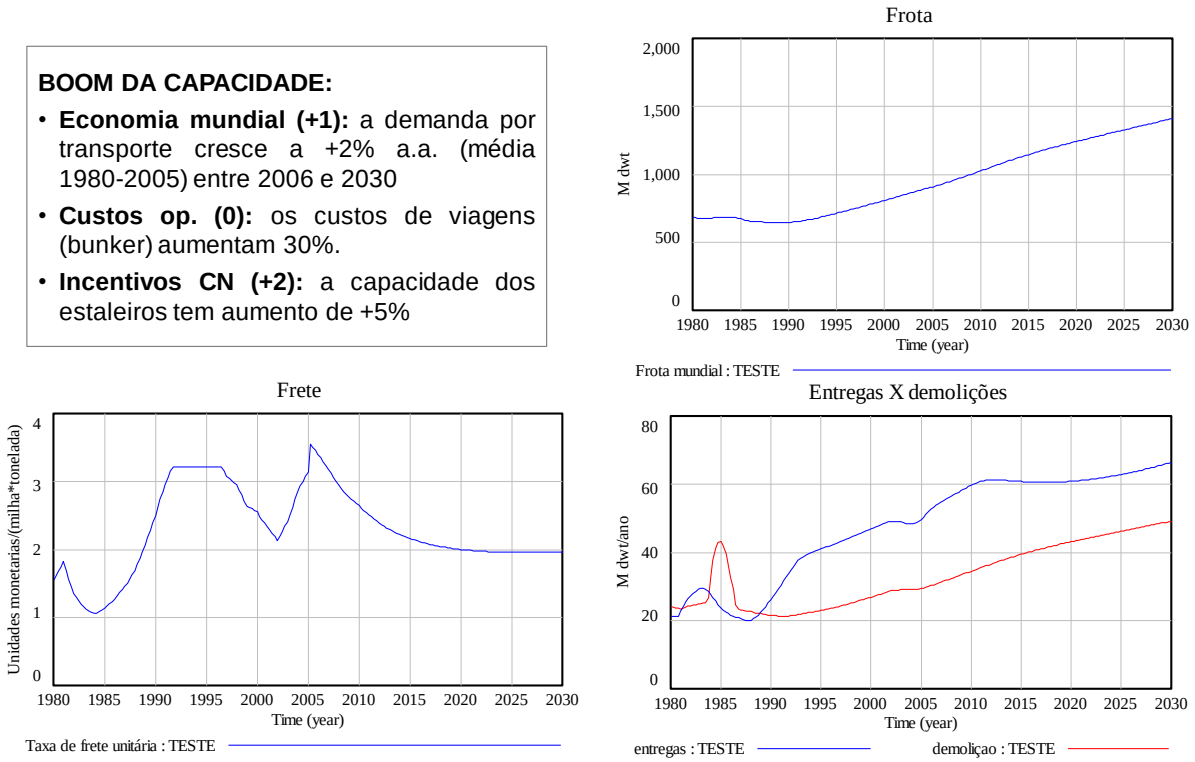


Figura 10: Quadro-resumo dos inputs e resultados do modelo para o cenário "Boom da capacidade"

O cenário "Explosão da demanda" alia grande crescimento econômico mundial, pequena queda dos custos operacionais e inércia do apoio governamental. Neste cenário também há forte aumento da frota, mas o frete permanece por mais tempo em valores mais elevados (Figura 11).

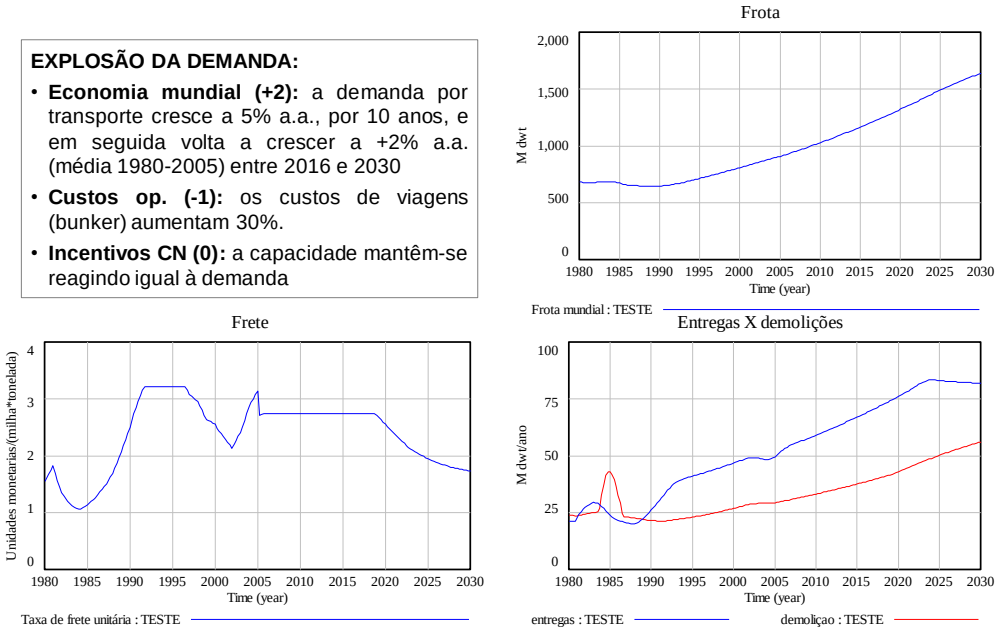


Figura 11: Quadro-resumo dos inputs e resultados do modelo para o cenário "Explosão da demanda"

5. Conclusões

A abordagem do problema de demanda por construção naval através da Dinâmica de Sistemas apresenta o enorme desafio de modelar o mercado de frete marítimo, extremamente cíclico devido em parte ao grande atraso verificado entre a percepção da necessidade da frota e a efetiva incorporação de navios novos à mesma.

Ainda assim, assumindo como proxy da demanda por construção a demanda por frete marítimo (e sua tarifa) e aproximando o comportamento desta ao do crescimento econômico mundial, obtém-se um comportamento semelhante ao verificado.

Esse resultado tem sua validade ao permitir elaborar alguns cenários, visando prever o comportamento futuro do ciclo em que se encontra toda a Indústria num dado instante. Essa previsão pode ser de grande valia para a tomada de decisão de investimento ou não neste mercado.

Este trabalho traz uma contribuição ao entendimento do tema e dos *drivers* que orientam a demanda por construção naval e tenta, através de uma abordagem de cenários factíveis e de certa forma "mais prováveis" ilustrar comportamentos esperados para esse mercado nos próximos anos.

6. Bibliografia

Coutinho, L., Sabbatini, R., & Ruas, J. A. (2006). *Forças atuantes na indústria naval.* Disponível em: Centro de Estudos em Gestão Naval: www.gestaonaval.org.br

Favarin, J.; Anderson, V.; Amarante, R.; Furtado, J.; & Pinto, M. (2008). *Estratégia para a Navipeças Brasileira*. Disponível em: Centro de Estudos em Gestão Naval: www.gestaonaval.org.br

Pinto, M.; Colin, E.; Favarin, J.; Akao, D.; Oura, F. (2007) *Avaliação do Desempenho Financeiro dos Estaleiros Mundiais a partir de diferentes Estratégias Produtivas*. XX COPINAVAL 2007. São Paulo: Anais do Congresso.

Santos, J. R. (2007). A indústria marítima mundial: uma análise sob a perspectiva da dinâmica de sistemas. *Dissertação de mestrado* . São Paulo, SP, Brasil: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Sterman, J. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling of a Complex World.* Boston: McGraw-Hill/Irwin.

Stopford, M. (2005). *China in Transition: Its impact on shipping in the last decade and the next*. Clarckson Resarch. Disponível em:http://www.clarksons.net/archive/research/freestuff/marintech_shanghai_dec_05.pdf

Stopford, M. (1997). *Maritime Economics.* Londres: Routeledge.

UNCTAD. (2006). *Review of Maritime Transport.* Genebra: ONU.

ESTRATEGIAS DE CONTROL PARA ESTABILIZACIÓN DE NAVÍOS

Mendoza Lira, Felipe[1]; felipemendozalira@gmail.com

Segovia Vera, Juan Pablo[1]; jsegovia@udec.cl

1 - Universidad de Concepción, Calle Victoria, 631, Concepcion, Chile

I. RESUMEN

Este trabajo resume la modelación del movimiento del barco, los principales dispositivos y esquemas de control utilizados en la estabilización de navíos. Entre los dispositivos modelados se incluye los tanques anti-roll tipo U (anti-roll U-tank) y las superficies de control como son el timón (rudder) y aletas (fins).

Se resume las forma de evaluar los efectos del movimiento producido por el oleaje a través del índice de mareo MSI que relaciona las aceleraciones y frecuencias del movimiento vertical con el porcentaje de personas que vomita tras un determinado tiempo de exposición, también se presenta el índice de interrupciones MII que relaciona la fuerza lateral con el número de veces que esta causa deslizarse, pérdida de equilibrio o distracción.

Se implementa un algoritmo MPC (Model Predictive Control) específicamente un control basado en optimización cuadrática con restricciones que permite ser utilizado como autopiloto y/o la amortiguación del balanceo mediante el timón y/o aletas.

El uso de un observador con la inclusión de un bias en el ángulo de guiñada (desvío de la proa del buque hacia un lado u otro del rumbo en que se navega), permite una observación de los estados con buenos resultados filtrando el ruido presente debido al oleaje.

Se muestran los resultados comparativos entre las distintas configuraciones evaluando sus desempeños en modelos desarrollados en Simulink de Matlab®. Entre estas configuraciones están: el uso sólo de timón, el uso de aletas, el uso de tanques anti-balanceo tipo U pasivos y el uso de timón junto a aletas móviles.

Se desarrolla un modelo de realidad virtual para visualizar tanto las acciones de control como sus efectos en un una animación en 3D.

Los principales resultados de este trabajo son el simulador como una herramienta para evaluar los principales dispositivos utilizados para la amortiguación del balanceo, una comparación entre éstos permite conocer las capacidades o eficiencia de cada uno. La implementación del control MPC de la

manera presentada permite ser utilizarlo en distintas configuraciones (estabilización por el timón, por aletas o timón y aletas) sin modificaciones en el algoritmo.

Este trabajo forma parte del informe de memoria de título para optar al título de ingeniero civil electrónico con nombre "Estrategias de control para estabilización de navíos"[1].

II. TRABAJOS ANTERIORES

En el área de estabilización existen muchos trabajos que van desde el modelado de la dinámica del movimiento del barco como trabajos en el área de control y medición de sus efectos; podemos hacer referencia como principales trabajos los realizados por [3], [4] y [5]. En donde es posible hallar modelos tanto del barco y los distintos dispositivos presentes en ellos ya sea timones, hélices, aletas y tanques anti-balanceo.

Los trabajos previos dentro de la facultad en el ámbito de la ingeniería naval se encuentra "Estrategias de control optimo para sistemas de propulsión" [6] en donde se explica y desarrolla el modelo de un sistema de propulsión naval así como también las acciones de control necesarias para mantenerlo dentro de rangos de operación preestablecidos, otro trabajo es "Simulador interactivo 3D de un canal de pruebas para barcos" [7], en donde se presenta el modelado de la dinámica de un barco pero orientado al uso de CDF (Computational fluid dynamics) o fluidos dinámicos computacionales que son base para la obtención de modelos de control.

Los trabajos en el área de control de movimiento los trabajos de [8], [1], [3] y [9] son los trabajos más recientes, donde se presentan estrategias para la disminución de las aceleraciones.

Otros trabajos importantes son los realizados por Thor Fossen [10] y [11] que son base para muchos trabajos, además es uno de los realizadores junto a Tristan Perez de "MSS GNC Toolbox" y "MSS HYDRO" un toolbox libre para Matlab/Simulink con modelos de barcos y demostraciones

III. ESTRATEGIAS DE CONTROL PARA ESTABILIZACION DE NAVIOS

En la actualidad son utilizados distintos tipos de dispositivos los utilizados para la amortiguacion del movimiento de un barco [1] en esta ocasión se desarrollan modelos y comentamos las siguientes:

- Aletas fijas cortas o largas ("Twins keels, bilge keels")
- Tanques anti-balanceo pasivos o activos ("Passive or active anti-roll tank")
- Amortiguación del balanceo mediante el timón ("Rudder roll damping")
- Amortiguación del balanceo mediante el timón y aletas móviles ("Fins and rudder roll damping")

[1] Memoria de Titulo escrita por Felipe H. Mendoza Lira presentada el 1 de Abril 2009 en la Universidad de Concepción, Chile

IV. SIMULADOR

Este capítulo describe el simulador implementado en simulink a partir de las ecuaciones del "**Error! Reference source not found.**", "**Error! Reference source not found.**" y "Control de timón y/o aletas".

4.1. Modelo del barco de prueba

De la Figura 7.1 el modelo del barco es subdividido en: el modelo hidrostático e hidrodinámico junto a las ecuaciones del modelo para el tanque anti-balanceo tipo U, modelo de propulsión, modelo de las fuerzas causas de la acción del timón y el modelo de las fuerzas causas de la acción de aletas fijas o móviles.

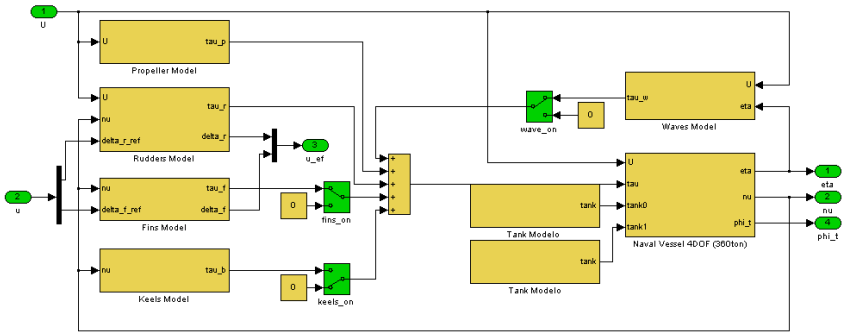


Figura 7.1 Modelo del barco en simulink

El modelo permite desactivar las aletas como los tanques dependiendo de la configuración deseada. También es posible activar y configurar el estado de la mar u oleaje a través del respectivo dialogo.

Para el desarrollo del simulador se ha considerado el trabajo presente en el toolbox de Matlab "MSS GNC toolbox" para la obtención de un espectro característico para las distintas condiciones de navegación para mayor información referirse a [3] para ver una descripción detallada de las olas y su descripción a través de Forces Response Amplitud Operador (Forces RAO) o Motions RAO.

4.2. Modelo de control MPC

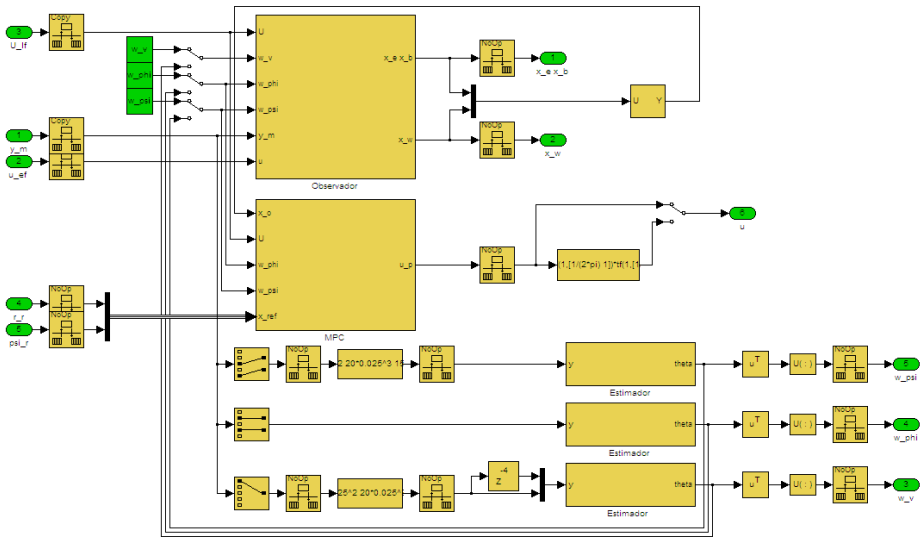


Figura 7.2 Modelo del controlador y observador en simulink

Este bloque implementa el estimador de parametros; el observador de estados y control MPC.

4.3. Modelo principal

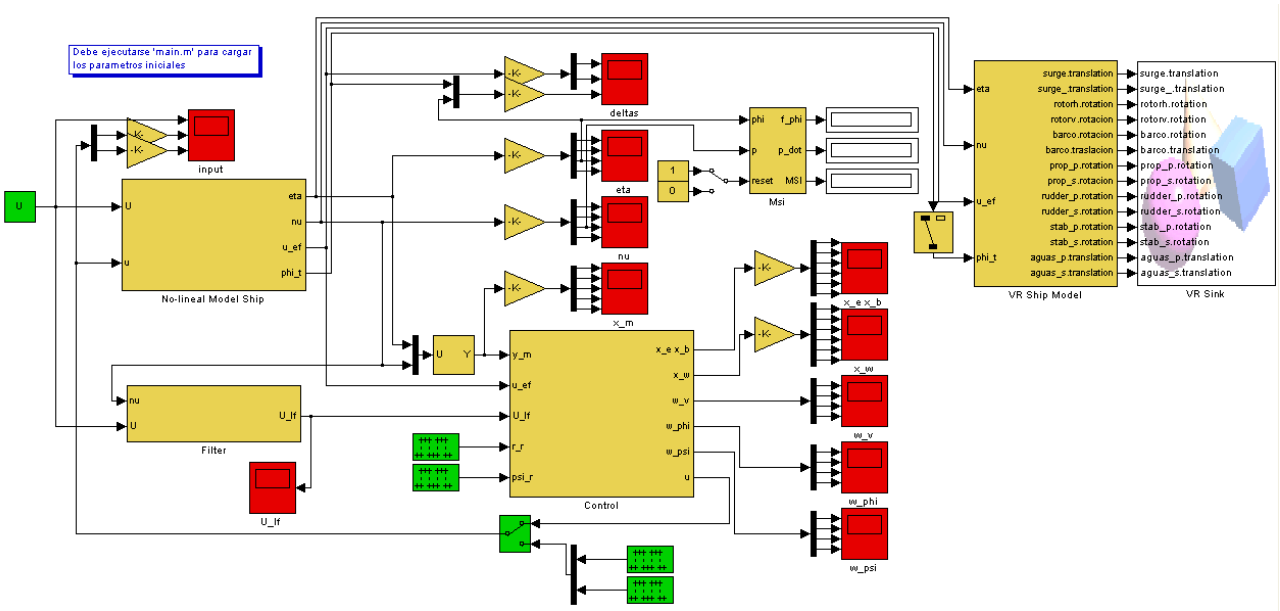


Figura 7.3 Modelo principal de Simulink

El modelo principal (Figura 7.3) incluye el modelo del barco y el control, además de ellos incluye el modelo de realidad virtual y un estimador de movimiento (MSI).

4.4. Modelo de realidad virtual

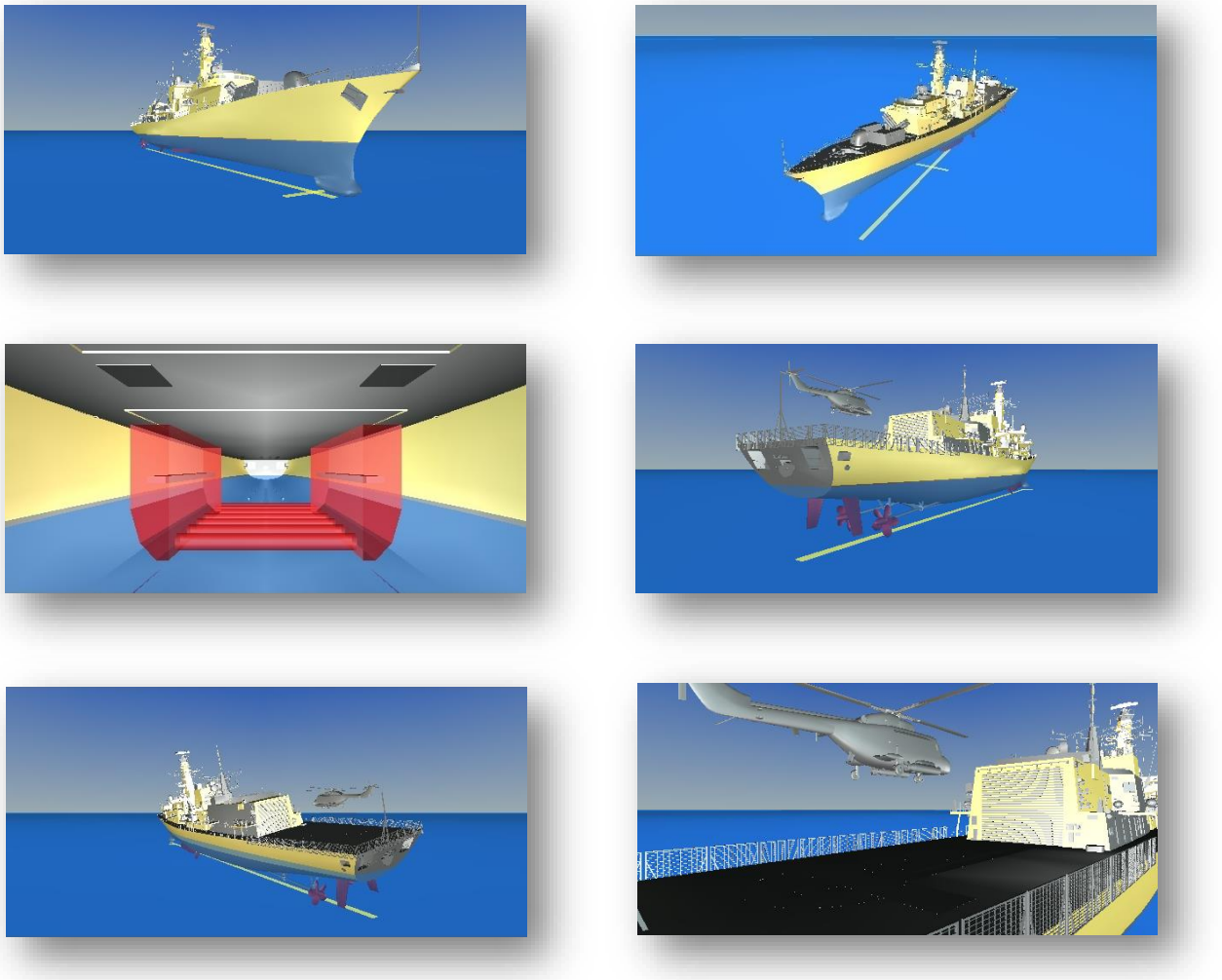


Figura A.1 Imágenes del modelo de realidad virtual diseñado para usar junto al modelo de simulink

V. SIMULACIONES

Para realizar una comparación de los distintos dispositivos y control consideraremos una velocidad de avance de 15 nudos y un ángulo relativo a proa 90°; como primer caso estar en una mar del tipo SS5 que corresponde a olas de 4 metros y de periodo 7 segundos, y en una mar de del tipo SS6 olas de 6 metros y periodo 9 segundos.

5.1. Respuesta a mar tipo SS5 barco con aletas fijas y autopiloto

La primera simulación corresponde a aletas fijas también conocidas como keels o bilge keels dependiendo el tamaño y forma de estas. La Figura 8.1 muestra una comparación entre el barco con y

sin este dispositivo, donde las señales azules corresponde sólo al barco con autopiloto y la señal roja a el barco con las aletas fijas y el autopiloto.

Obtenida las simulaciones los índices de movimientos estimados arrojan una disminución promedio cercana al 30% de los índices de mareo e interrupciones (ver Tabla 8.1)

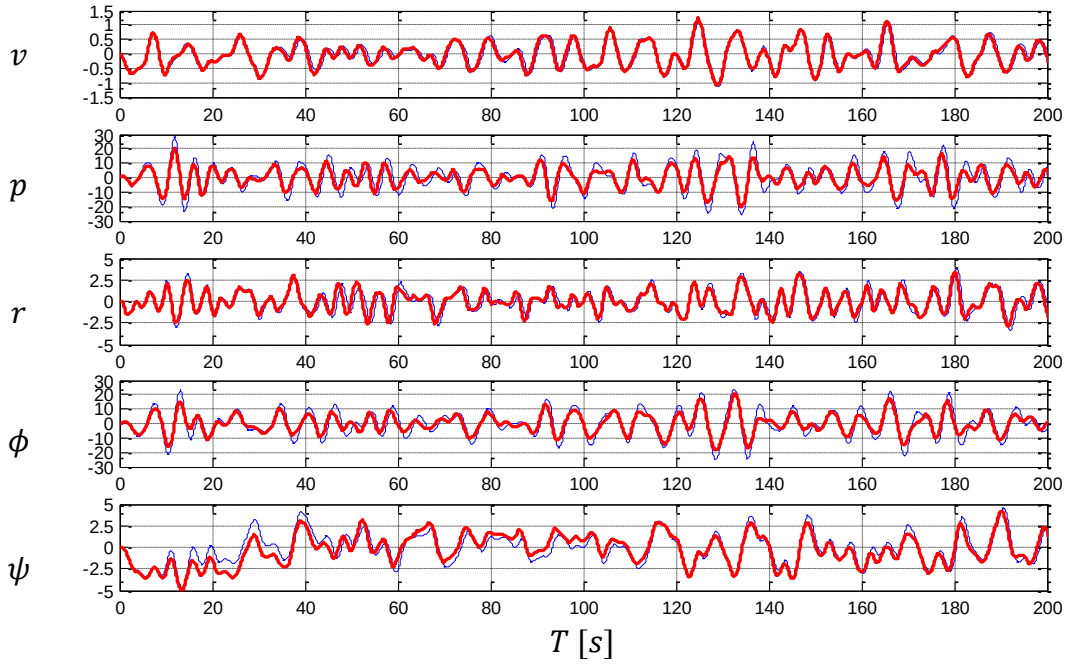


Figura 8.1 Respuesta a mar tipo SS5 barco con aletas fijas y autopiloto

5.2. Respuesta a mar tipo SS5 barco con tanque anti-balanceo, aletas fijas y autopiloto

La segunda comparación realizada corresponde al barco de prueba con aletas fijas, un tanque anti-balanceo tipo U y autopiloto descrito al inicio de este capítulo. La Figura 8.2 muestra la simulación considerando el tanque bloqueado de manera de poder identificar el efecto de la masa añadida por el tanque.

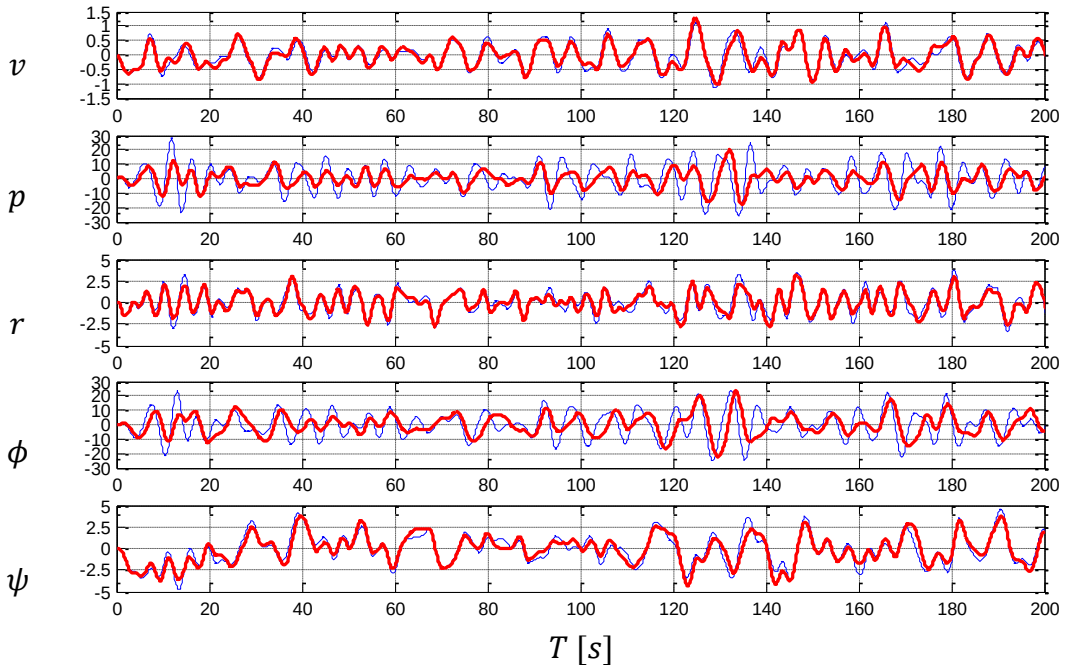


Figura 8.2 Respuesta a mar tipo SS5 barco con tanque anti-balanceo bloqueado, aletas fijas y autopiloto

Obtenida las simulaciones los índices de movimientos estimados arrojan una disminución promedio cercana al 60% de los índices de mareo y 40% en el índice de interrupciones (ver Tabla 8.1)

La siguiente simulación corresponde al tanque sin el bloqueo y sintonizado a la frecuencia de encuentro con las olas. En esta simulación los índices de movimientos estimados arrojan una disminución promedio cercana al 80% de los índices de mareo y 75% en el índice de interrupciones (ver Tabla 8.1). La Figura 8.3 muestra el resultado de la simulación en donde es observable a simple vista la disminución en los máximos tanto en el ángulo y velocidad en el movimiento de balanceo y una baja interferencia en otros movimientos.

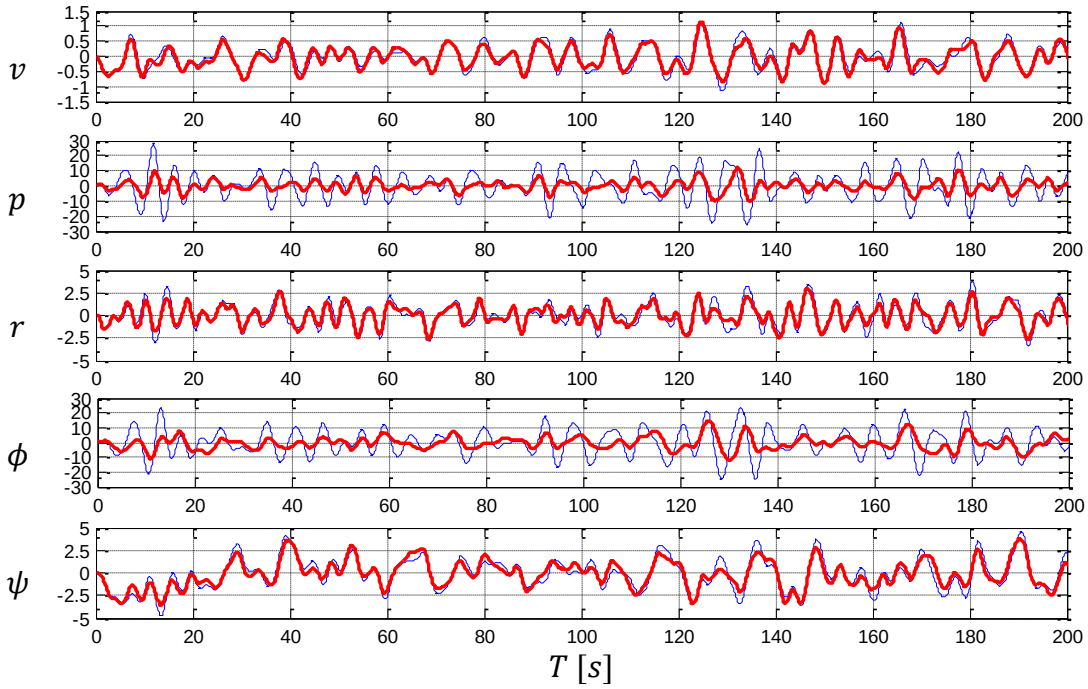


Figura 8.3 Respuesta a mar tipo SS5 barco con tanque anti-balanceo, aletas fijas y autopiloto

En la Figura 8.4 se presenta el comportamiento del tanque anti balanceo en color azul se muestra el ángulo de balanceo del barco y en rojo el ángulo correspondiente al liquido dentro del tanque. En la imagen es posible advertir el desfase entre los ángulos que es el principio en que se basa el diseño de estos tanques que fue descrito en la sección **Error! Reference source not found.**.

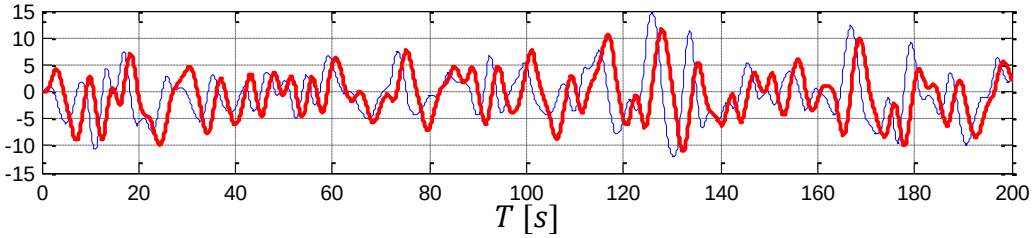


Figura 8.4 Angulo de balanceo y ángulo en tanque anti-balanceo

5.3. Respuesta a mar tipo SS5 para amortiguamiento mediante timón y autopiloto

La siguiente simulación corresponde al controlador diseñado en el capítulo **Error! Reference source not found.**, para ser utilizado en la configuración "amortiguamiento del balanceo mediante timón y autopiloto" se ha fijado un costo de 10^6 para el ángulo de las aletas, otra alternativa es fijar el valor máximo para las aletas en cero de manera de evitar su uso.

Los costos para el problema de optimización son $q_\psi = 0.1$, $q_{ru} = 0.01$, $q_{fi} = 10^6$, $q_\phi = 1$, $q_p = 10$, $q_{\dot{p}} = 10$ y un horizonte de predicción de $N = 12$.

El resultado del uso del timón permite obtener una disminución promedio cercana al 90% del índice de mareo y un 100% en el índice de interrupciones (ver Tabla 8.1). La Figura 8.5 muestra el resultado obtenido considerando una velocidad en el cambio para el timón de $\Delta\delta_{max}^{ru} = 20\, deg/seg$, de simulaciones realizadas al utilizar $\Delta\delta_{max}^{ru} = 10\, deg/seg$ se obtiene un resultado similar, dado que, en la simulación la mayor tasa de cambio obtenida es $\Delta\delta_{max}^{ru} = 9.6\, deg/seg$, por consiguiente al limitar más la velocidad de cambio, el control reduce su acción, en la Figura 8.6 se presenta el recorrido del timón, donde es posible observar la constante acción para evitar el balanceo, y mantener el rumbo.

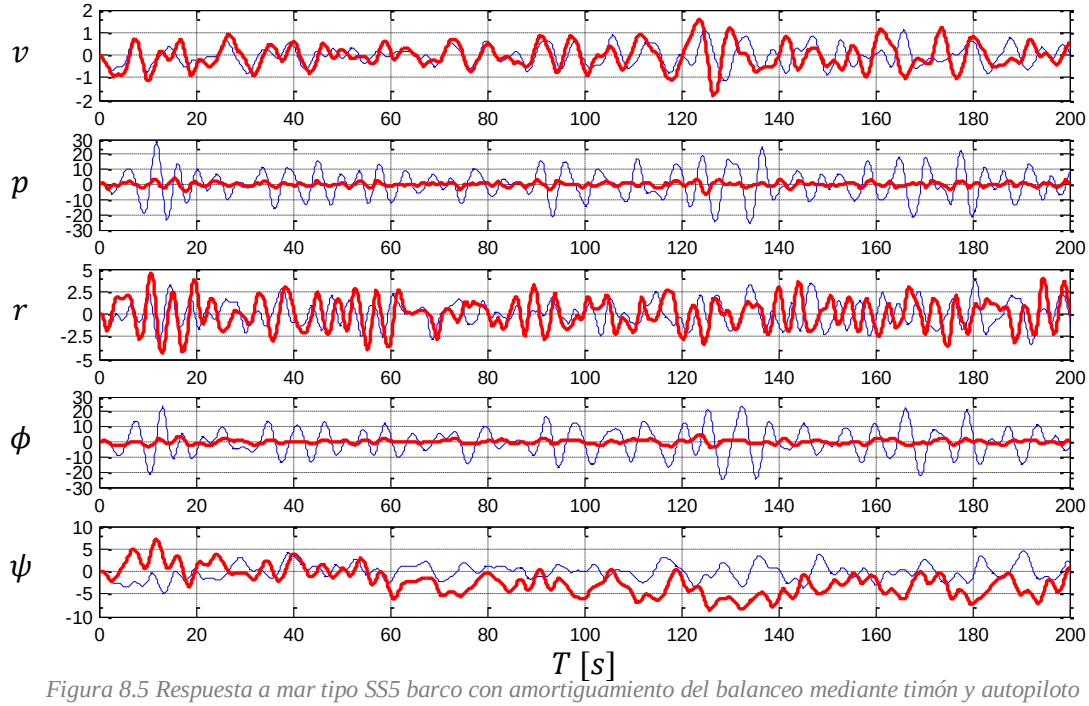


Figura 8.5 Respuesta a mar tipo SS5 barco con amortiguamiento del balanceo mediante timón y autopiloto

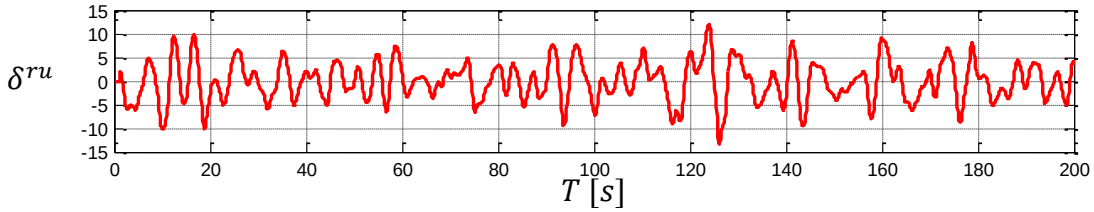


Figura 8.6 Acción de control del timón para amortiguamiento del balanceo mediante timón y autopiloto

5.4. Respuesta a mar tipo SS5 para amortiguamiento mediante timón y aletas, y autopiloto

La última simulación corresponde a el controlador desarrollado en el capítulo **Error! Reference source not found.** con parámetros $q_\psi = 0.1$, $q_{ru} = 0.1$, $q_{fi} = 0.01$, $q_\phi = 1$, $q_p = 10$, $q_{\dot{p}} = 10$, $N = 12$, comportándose como un sistema de control del amortiguamiento mediante el timón y aletas y autopiloto.

El resultado del uso del timón y aletas permite obtener una disminución promedio cercana al 90% del índice de mareo y un 100% en el índice de interrupciones (ver Tabla 8.1). La Figura 8.7 muestra el resultado obtenido de la simulación donde es posible observar la disminución en el ángulo y velocidad de cambio similar a la configuración RRS + autopiloto, sin embargo, en esta ocasión la acción de control no afecta el rumbo significativamente (ver Tabla 8.1), en la Figura 8.8 se puede observar la acción de control respectiva.

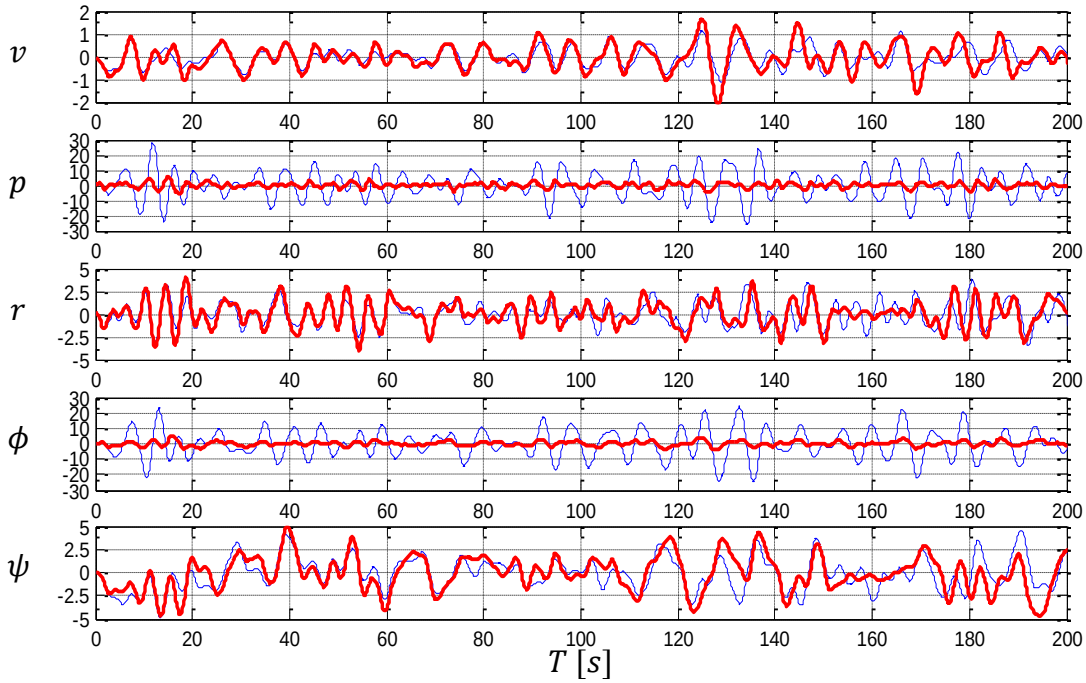


Figura 8.7 Respuesta a mar tipo SS5 barco con amortiguamiento del balanceo mediante timón y aletas y autopiloto

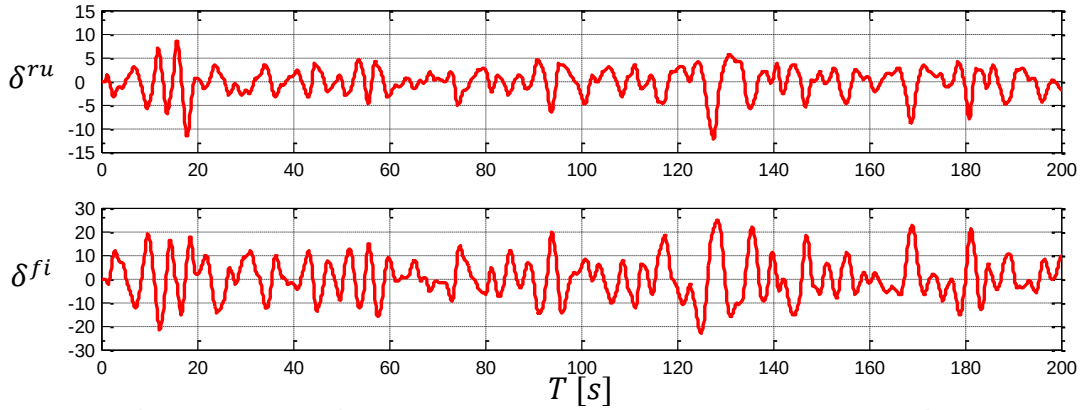


Figura 8.8 Acción de control del timón y aletas para amortiguamiento del balanceo mediante timón y aletas y autopiloto

5.5. Comparativa respuestas estado SS5

La Tabla 8.1 y Tabla 8.2, resumen y presentan información numérica de las simulaciones realizadas para la mar en estado SS5.

Tabla 8.1 Valores máximos y RMS obtenidos de las simulaciones para SS5

SIM	ϕ Max	p Max	$\dot{p}$ Max	ϕ RMS	p RMS	$\dot{p}$ RMS	ψ RMS	r RMS	δ^{ru} RMS	δ^{fi} RMS
-	deg	deg	deg	deg	deg/s	deg/s^2	deg	deg/s	deg	deg
I	33.54	29.68	39.07	9.52	9.57	11.04	1.88	1.49	0.22	0
II	27.25	26.02	29.28	7.27	7.00	8.10	1.82	1.36	0.16	0
III	23.75	21.97	26.47	7.99	6.31	6.24	1.63	1.24	0.23	0
IV	14.80	15.61	16.16	4.61	3.73	4.27	1.57	1.21	0.20	0
V	7.75	10.72	15.36	1.47	1.49	2.44	4.99	1.69	4.50	0
VI	6.86	8.14	11.87	1.55	1.68	2.75	1.89	1.46	2.94	9.48

Tabla 8.2 Índices de performance en las simulaciones para SS5

SIM	f_ϕ	MSI	MII	RED MSI	RED MII	RED ϕ	RED p	RED $\dot{p}$	RED prom.
-	rad/s	%	int/min	%	%	%	%	%	%
I	1.00	30.26	51.87	0	0	0	0	0	0
II	0.96	19.87	37.76	34.32	27.20	18.75	12.32	25.05	25.90
III	0.79	11.50	29.80	61.97	42.55	29.18	25.98	32.26	36.95
IV	0.80	5.31	12.85	82.43	75.23	55.88	47.39	58.62	55.40
V	1.01	1.33	0.17	95.58	99.66	76.89	63.87	60.68	66.14
VI	1.08	1.87	0.40	93.79	99.21	79.54	72.56	69.61	69.18

5.6. Comparativa respuestas estado SS6

La Tabla 8.3 y Tabla 8.4, resumen y presentan información numérica de las simulaciones realizadas para la mar en estado SS6. Se asumen las mismas condiciones presentadas para la mar en estado SS5.

Tabla 8.3 Valores máximos y RMS obtenidos de las simulaciones para SS6

SIM	ϕ Max	p Max	$\dot{p}$ Max	ϕ RMS	p RMS	$\dot{p}$ RMS	ψ RMS	r RMS	δ^{ru} RMS	δ^{fi} RMS
-	deg	deg	deg	deg	deg/s	deg/s^2	deg	deg/s	deg	deg
VII	37.0558	33.2516	49.7793	11.3243	10.9449	12.4050	2.3316	1.6977	0.3349	0
VIII	29.1505	25.9661	34.7903	8.9500	7.9635	8.8112	2.2148	1.5734	0.3303	0
IX	31.3111	23.9410	31.3585	10.9025	7.9522	7.2888	2.1571	1.5330	0.3341	0
X	18.6162	17.5378	20.7980	6.1359	4.5794	5.0208	2.1042	1.4976	0.3233	0
XI	8.0046	6.5906	22.6793	1.8500	1.6710	2.4426	5.3301	2.1628	6.0729	0
XII	10.1796	13.1158	21.0789	1.9603	1.8989	2.8605	2.7991	1.8001	3.8014	12.2011

Tabla 8.4 Índices de performance en las simulaciones para SS6

SIM	f_ϕ	MSI	MII	RED MSI	RED MII	RED ϕ	RED p	RED $\dot{p}$	RED prom.
-	rad/s	%	int/min	%	%	%	%	%	%
VII	0.9665	34.5133	58.9410	0	0	0	0	0	0
VIII	0.8898	22.0104	42.5838	36.2264	27.7518	21.3335	21.9104	30.1109	29.9861
IX	0.7294	13.8573	37.0734	59.8496	37.1008	15.5028	28.0007	37.0050	35.7554
X	0.7463	6.8581	20.9052	80.1292	64.5320	49.7617	47.2574	58.2196	53.4675
XI	0.9033	1.2865	0.7123	96.2726	98.7915	78.3986	80.1795	54.4402	68.1325
XII	0.9687	2.1419	1.0795	93.7939	98.1685	72.5289	60.5559	57.6552	63.9637

VI. CONCLUSIONES Y DISCUSIONES

Tanques anti-balanceo son los más utilizados comúnmente para estabilizar movimientos de balanceo en barcos dado que estos pueden operar a bajas velocidades cuando el uso de aletas móviles no es práctico. Junto al uso de tanques anti balanceo, el uso de aletas, ya sea aletas cortas o largas, como elementos pasivos, representan una alternativa de bajo costo y con reducciones cercanas al 80% para el índice de mareo MSI y 70% en el índice de interrupciones MII.

La implementación de un sistema RRD presenta similares resultados a FRRD en cuanto a la reducción del balanceo dado que todo barco cuenta con un timón para ello, representa una alternativa de bajo costo si el servo del timón cuenta con una potencia y velocidad de cambio adecuada, agregando solo un mantenimiento extra dado su mayor uso, la reducción en el índice de mareo MSI obtenida es cercana al 90% y en el índice de interrupciones MII cercana al 100%.

El uso de aletas móviles se hacen requeridos en barcos militares o de lujo como una forma de mantener el control en toda situación de navegación, hay que considerar que además de controlar el balanceo las aletas son capaces de controlar las aceleraciones verticales producto de desplazamientos verticales, movimiento de arfada o cabeceo del barco, que en este caso no son considerados al trabajar en un modelo de 4DOF, esto ha sido desarrollado en [9] en un control del movimiento longitudinal como también en [23] con un control PD sobre el movimiento de arfada y el ángulo de cabeceo.

De las simulaciones obtenidas podemos apreciar el efecto de amortiguación en el balanceo de todos los dispositivos como de las estrategias de control y no puede ser ninguna descartada, su elección siempre estará relacionada al uso, tipo de barco a implementar y costos a asumir.

Un control MPC, en este caso un control cuadrático con restricciones, presenta grandes ventajas ya que se adecua completamente al modelo incluyendo todas sus limitaciones y características. Presenta un enfoque bastante intuitivo para ser implementado, su mayor debilidad está en que los modelos no sean suficientemente fiables produciendo poca robustez sin embargo bajo un adecuado diseño esto puede ser evitado. En la disminución de los índices de mareo MSI e índices de interrupciones MII, con el control MPC, tanto RRD como FRRD, es mayor al 90% llevando al barco a una situación completamente navegable con interrupciones cercanas a 1 por minuto e índices de mareo cercanas al 2% en estados SS5 y SS6.

La dinámica del barco pudo ser completamente representada en un simulador de realidad virtual permitiendo una visualización de esta en tiempo real (ver anexo B) con una gran semejanza a un modelo real.

VII. TRABAJOS FUTUROS

Los resultados obtenidos como las herramientas elaboradas permitirían realizar un simulador completo que incluyese la dinámica vertical como el movimiento de arfada del barco e incluir un control para mitigar sus efectos.

Se plantea el desarrollo de un control para maniobras a baja velocidad que incluye el uso conjunto propulsión de manera de aumentar el efecto de las superficies de control.

El modelo de tanque tipo-U puede extenderse a un control activo y permitir evaluar sus resultados.

Se puede complementar el simulador con la dinámica de un helicóptero permitiendo el desarrollo de sistemas de control coordinado para vehículos autónomos, hablamos de desarrollar sistemas que permitan la aproximación y abordaje en cualquier situación evitando posibles colisiones.

Este trabajo representa solo un trabajo teórico, y un paso hacia sistemas de control o amortiguamiento reales es el desarrollo de un canal de pruebas hidrodinámicas, de manera de validar, comprobar o implementar los futuros trabajos en nuestra casa de estudios.

BIBLIOGRAFÍA

[1]. **Yang, Cheng'en.** *Robust Rudder Roll Damping Control.* Aalborg : Department of Control Engineering. Aalborg University, 1998.

[2]. **Oda, H., Ohtsu, K. y Hotta, T.** *Statistical analysis and design of a rudder roll stabilization system.* s.l. : Control Eng. Practice, Vol. 4, No. 3, pp. 351-358, 1996.

[3]. **Perez, Tristan.** *Ship Motion Control, Course Keeping and Roll Stabilisation Using Rudder and Fins.* Trondheim : Springer, 2005. ISBN-10: 1852339594.

[4]. **Bertram, Volker.** *Practical Ship Hydrodynamics.* Oxford : Butterworth-Heinemann, 2000. ISBN 0 7506 4851 1.

[5]. **Youssef, Khaled S., y otros.** *Roll Stabilization by Passive Anti-Roll Tanks Using an Improved Model of the Tank-Liquid Motion.* Blacksburg : Department of Engineering Science and Mechanics, Virginia Polytechnic Institute and State University, 2003.

[6]. **Escobar, Cristian.** *Estrategias de Control Optimo para Sistema de Propulsión Naval.* Concepción : Departamento de Ingenieria Electrica, Universidad de Concepción, 2006.

[7]. **González, José Patricio.** *Simulador Interactivo 3D de un Canal de Pruebas para Barcos.* Concepción : Departamento de Ingenieria Electrica, Universidad de Concepción, 2000.

[8]. **Triantafyllou, Michael S. y Hover, Franz S.** *Maneuvering and Control of Marine Vehicles.* Cambridge : Department of Ocean Engineering Massachusetts Institute of Technology, 2003.

[9]. **San Román, Segundo E.** *Modelado y Control del Movimiento Longitudinal de un Ferry de Alta Velocidad.* Madrid : Departamento de Arquitectura de Computadores y Automática. Universidad Complutense de Madrid, 2002.

[10]. **Fossen, Thor.** *Marine Control Systems: Guidance, Navigation and Control of Ships, Rigs and Underwater Vehicles.* Trondheim : Marine Cybernetics, 2000.

[11]. —. *Guidance and Control of Ocean Vehicles.* New York : John Wiley and Sons Ltd., 1994.

[12]. **Yoon, Hyeon Kyu y Rhee, Key Pyo.** *Identification of hydrodynamic coefficients in ship maneuvering equations of motion by Estimation-Before-Modeling technique.* Shilim-dong : Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Seoul National University, 2003.

[13]. **Pérez, Tristan y Blanke, Mogens.** *Mathematical Ship Modeling for Control Applications.* s.l. : Dept. of Electrical and Computer Engineering, The University of Newcastle, 2002.

[14]. **Youssef, Khaled S., y otros.** *Design of passive anti-roll tanks for roll stabilization in the nonlinear range.* Blacksburg : Department of Engineering Science and Mechanics, Virginia Polytechnic Institute and State University, 2002.

[15]. **Moaleji, Reza y Greig, Alistair R.** *On the development of ship anti-roll tanks.* London : Department of Mechanical Engineering, University College London, 2005.

[16]. **Zhang, Hong, y otros.** *Modeling and Simulation of Passively Controlled Anti-Rolling Tank.* Hangzhou, P.R. China : Proceedings of the 5Ih World Congress on Intelligent Control and Automation, June 15-19, 2004.

[17]. **Treakle III, Thomas W.** *A Time-Domain Numerical Study of Passive and Active Anti-Roll Tanks to Reduce Ship Motions.* Blacksburg : Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, 1998.

[18]. **Nakayama, Yasuki.** *Introduction to Fluid Mechanics.* Oxford : Butterworth-Heinemann, 1999. ISBN 0340676493.

[19]. **Phairoh, Thongchai y Huang, Jen-Kuang.** *Adaptive ship roll mitigation by using a U-tube tank.* Norfolk : Department of Mechanical Engineering, Old Dominion University, 2006.

[20]. —. *Modeling and Analysis of Ship Roll Tank Stimulator Systems.* Norfolk : Department of Mechanical Engineering, Old Dominion University, 2004.

[21]. **Wilson, P.A. y Tang, A.** *An investigation into lateral force estimator (LFE) stabilisation using the rudder.* Southampton : Department of Ship Science, Faculty of Engineering and Applied Science, University of Southampton, 1992. ISSN 0140 3818.

[22]. **O'Hanlon, James y McCauley, Michael.** *Motion sickness incidence as a function of the frequency and acceleration of vertical sinusoidal motion.* California : Human Factors Research, Incorporated, 1972.

[23]. **Aranda, J., Díaz, J.M. y Ruipérez, P.** Disminución del índice de mareo mediante un control PD sobre el movimiento de arfada y el ángulo de cabeceo en un buque de alta velocidad. Madrid : Dept. de Informática y Automática. UNED, 2000.

Avaliação da capacidade dos terminais de granéis agrícolas utilizados para escoamento da produção do centro-oeste brasileiro

Valdir Lopes Anderson
Centro de Estudos em Gestão Naval
valdir.anderson@gestaonaval.org.br

Bruno Stupello
Centro de Estudos em Gestão Naval
bruno.stupello@gestaonaval.org.br

Marina Beatriz Simões Leal
Centro de Estudos em Gestão Naval
marina.leal@gestaonaval.org.br

João Stefano Luna Cardoso
Centro de Estudos em Gestão Naval
joao.cardoso@gestaonaval.org.br

Marcos Mendes de Oliveira Pinto
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia Naval e Oceânica
morpinto@usp.br

RESUMO

A atividade agrícola é responsável por um quarto do PIB brasileiro e registra um movimento intenso de expansão para o interior do país. A região Centro-Oeste brasileira registra o maior crescimento de área plantada e a tendência esperada é de que mantenha este ritmo na próxima década. Estima-se que a produção irá mais que dobrar em 15 anos e a continuidade desse crescimento depende de uma expansão equivalente nas rotas de escoamento da produção.

Surge uma questão que preocupa tanto o governo como a iniciativa privada quanto à capacidade da infraestrutura logística de suportar o aumento previsto dos volumes escoados. Neste contexto, o trabalho avalia a capacidade dos portos brasileiros dentro da região de influência do Centro-Oeste e verifica se estes serão capazes de atender à demanda. A metodologia desenvolvida faz um levantamento da infraestrutura dos terminais existentes e características de projeto dos investimentos anunciados e calcula a capacidade de movimentação segundo indicadores de produtividade médios.

Os resultados mostram que a exportação de granéis agrícolas do Centro-Oeste irá se expandir além da capacidade portuária, que irá apresentar um déficit de 54 Mtpa, o que equivale a uma necessidade de até 15 novos terminais.
Palavras-Chave: Porto; Capacidade; Granéis Agrícolas.

ABSTRACT

The agricultural activity is responsible for one quarter of Brazil's GDP and registered an intense expansion movement into the country. The Brazilian Midwest region recorded the largest planted area growth and the expected trend is to maintain this pace over the next decade. It is estimated that production will more than double in 15 years and to continue that growth is depended on a similar expansion on the distribution of production's routes.

Comes an issue that concerns both the government and the private sector about the ability of logistics infrastructure to support the expected increase in volumes sold. In this context, the study evaluates the ability of Brazilian ports in the region of influence of the Midwest and checks whether they will be able to meet demand. The developed methodology is a survey of the infrastructure of existing terminals and characteristics of the investment project announced and calculate the capacity of handling after indicators of average productivity.

The results show that the export of agricultural bulk of the Midwest will further expand the port capacity, which will produce a deficit of 54 MTPA, which equates to a need for up to 15 new terminals.
Key Words: Port; Capacity; Bulk Agricultural.

Este estudo foi desenvolvido no âmbito de um projeto de pesquisa financiado pela FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) e pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

1. Introdução

O Brasil ocupa a segunda posição mundial no ranking dos principais exportadores de alimentos e matérias primas, em valor de exportações[1]. A área plantada da região Centro-Oeste representa 30% do total do país, resultado de um crescimento médio de 8% a.a.[2] (1997-2007), enquanto para as outras regiões brasileiras esse índice foi de apenas 2% a.a. (Figura 1).

[1] Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
[2] Fonte: IBGE.

A rápida expansão da agricultura no Centro-Oeste, de ocupação recente, e a grande disponibilidade de terras ainda não cultivadas fazem da região o principal alvo das atenções do setor agrícola.

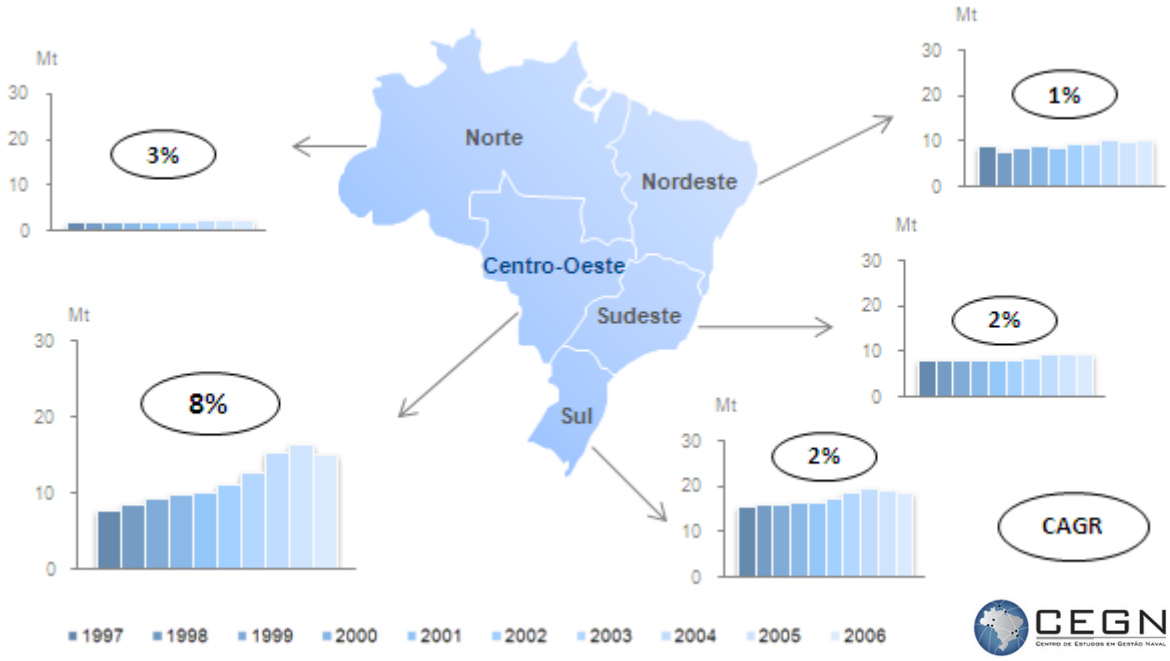


Figura 1 – Regiões brasileiras e o histórico recente de área plantada e CAGR (1997-2006)

Diversos estudos, incluindo o Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT)[3], apontam aumentos sucessivos da produção agrícola do Centro-Oeste para os próximos anos. Dentre eles, um relatório técnico elaborado pelo CEGN[4] indica que o volume de granéis da região pode dobrar nos próximos 15 anos.

Em 2007, foi lançado pelo presidente Luiz Inácio Lula da Silva, o Plano de Aceleração do Crescimento, que soma US$252 bilhões em investimentos na infraestrutura brasileira até 2010, sendo US$29,2 bilhões direcionados à malha logística. Nesse pacote de investimentos está prevista a melhoria e criação dos modais terrestre, ferroviário e hidroviário, que viabilizarão o escoamento das exportações por outros portos.

Apesar dos investimentos anunciados, o expressivo crescimento esperado da produção e da exportação de granéis agrícolas do Centro-Oeste suscita dúvidas quanto à capacidade dos portos que compõem a malha de escoamento da região de atender aos volumes de exportação que serão originados. Este estudo tem como objetivo avaliar a capacidade de movimentação

[3] Plano Nacional de Logística e Transportes - Ministério dos Transportes. Estudo em desenvolvimento pelo CENTRAN - Centro de Excelência em Engenharia de Transporte, que visa a orientar as ações nacionais públicas e/ou privadas em infra-estrutura de transporte e logística, num horizonte de médio e longo prazo.

[4] Centro de Estudos em Gestão Naval.

dos portos que compõem as rotas de escoamento, atual e futura, dos granéis agrícolas da região Centro-Oeste, considerando a infraestrutura existente e os investimentos anunciados em expansão e para a construção de novos portos.

2. Metodologia

Esse estudo apresenta uma metodologia para estimar o potencial de movimentação de cargas nos portos analisados, nos cenários atual e futuro, considerando expansões e novos investimentos. Com os resultados obtidos, foi possível realizar um balanço entre a demanda e a capacidade de movimentação dos terminais que exportarão a produção agrícola do Centro-Oeste em 2023.

A metodologia desenvolvida calcula a capacidade de movimentação para os sistemas de embarque e de armazenagem, e considera o mínimo entre as duas.

A movimentação de cargas em um terminal é geralmente limitada pela estrutura física disponível, pois os custos e empecilhos (ambientais e de limites físicos) para a ampliação de um porto são muito superiores aos de investimentos em equipamentos e melhorias operacionais. Portanto, o gargalo do sistema portuário não está relacionado às melhorias operacionais, mas sim às limitações de sua estrutura física.

Capacidade de armazenagem

A capacidade de armazenagem dos portos foi calculada pela seguinte equação:

$$C_{Armazenagem} = G_{CE} \times c_E$$

Onde,

$C_{Armazenagem}$: Capacidade de Armazenagem (toneladas / ano);

G_{CE}: Giro da Capacidade Estática em um ano (número de vezes / ano);

c_E: Capacidade Estática (toneladas);

A Capacidade Estática é a quantidade máxima de carga que pode ser armazenada simultaneamente e o Giro de Capacidade Estática é o fator que representa a eficiência do uso dos armazéns em um período de um ano.

O Giro de Capacidade Estática assumido no estudo é de 20 vezes, valor resultante da observação dos dados de terminais graneleiros do Porto de Santos em 2006[5], os quais resultaram na média de giro de 17,5 vezes naquele ano. O uso de um valor intermediário entre a média calculada e o de maior eficiência, dentre os terminais analisados, justifica-se pela

[5] Copersucar (12,8), Cargill (22,0), Ferronorte/Caramuru (19,4), Coinbra (10,0), Teaçu I (25,0), Teaçu II (16,3), e Rodrimar (16,7).

premissa de que investimentos para aumentar as taxas de eficiência dos terminais poderão ser feitos caso haja demanda excedente.

Capacidade de Embarque

O método de cálculo da capacidade de embarque baseia-se no perfil da frota esperada para cada terminal, limitada pelo calado. A importância de separar cada classe de embarcação durante os cálculos foi notada após a análise dos dados operacionais do ano de 2005 de um porto exportador de soja de grande calado, na qual navios maiores revelaram-se mais produtivos em termos de taxa de carregamento. A análise desse porto envolveu dados referentes ao desempenho do porto e tempos envolvidos na operação do navio, ambos para cada classe de embarcação atendida (Handy, Handymax, Panamax, SmallCape e Cape). A Tabela 1 apresenta os dados referentes ao desempenho do porto.

Tabela 1 – Dados de desempenho do porto (2005)

Classe do navio	Eventos	Taxa bruta de carga[6] [tph]	Taxa líquido de carga [tph]	Carga média [t]
Handy	5	590	950	20.000
HandyMax	10	675	1.175	34.500
Panamax	85	875	1.465	34.500
SmallCape	10	1.150	1.450	55.000
Cape	30	1.150	1.450	55.000

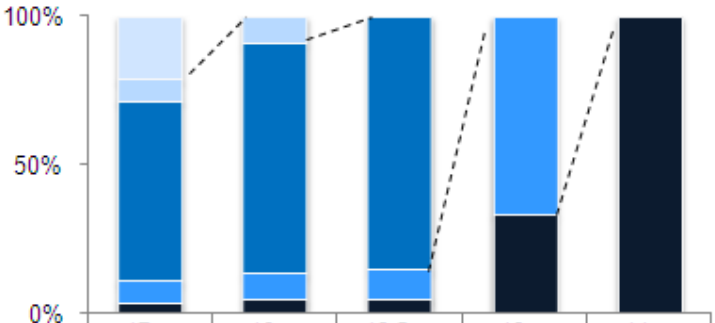
Os tempos de operação de cada classe de navio no porto são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Tempos de operação do navio (valores médios verificados)

Classe do navio	Total [h]	Atracação [h]	Pré-carga [h]	Tempo bruto de carga [h]	Tempo líq. carga [h]	Pós-carga [h]	Desatracação [h]
Handy	45,1	2,8	5,4	33,9	21,1	2,0	1,0
HandyMax	62,3	3,0	4,7	51,1	29,4	3,0	0,5
Panamax	50,5	2,5	5,1	39,4	23,5	2,5	1,0
SmallCape	56,7	2,7	4,0	47,9	37,9	1,6	0,5
Cape	56,9	2,4	3,8	47,9	37,9	2,1	0,7

O perfil da frota esperada em um porto de menor profundidade foi obtido a partir da distribuição real das classes de embarcações observada no caso anterior. Fez-se um corte para cada calado e assim calculou-se a proporção de navios do porte admitido por cada berço, como ilustra a Figura 2.

[6] A taxa nominal de carga desse terminal é de 3.000 tph, valor compatível com os equipamentos do Terminal Teaçu I no Porto de Santos. Em outros terminais brasileiros de granéis essa taxa varia de 600 a 3.000 tph.



	17 m	16 m	13,5 m	12 m	11 m
Capesize	21%	-	-	-	-
SmallCape	7%	9%	-	-	-
Panamax	61%	77%	85%	-	-
HandyMax	7%	9%	10%	67%	-
Handy	4%	5%	5%	33%	100%

Figura 2 - Distribuição de frequências de navios em um terminal por profundidade do berço

Após realizar a distribuição de freqüências de navios para cinco diferentes profundidades de berços (17m, 16m, 13,5m, 12m e 11m), calculou-se a capacidade de embarque através da seguinte equação:

$$C_{Embarque} = Q_{Médio} \times \left(\frac{T_{Disp}}{T_{Navio}}\right)$$

Onde,

$C_{Embarque}$: Capacidade de Embarque (toneladas / ano);

$Q_{Médio}$: Consignação Média (toneladas / navio);

T_{Disp}: Tempo de Disponibilidade Física[7] do porto em um ano (horas / ano);

T_{Navio}: Tempo Médio de um navio (horas / navio);

O estudo considera que o Tempo de Disponibilidade Física para operação do porto é de 90% ao longo de todo o ano, decorrente do tempo médio utilizado em terminais brasileiros para manutenções preventiva e corretiva dos equipamentos. A Consignação Média e o Tempo Médio são calculados pelas médias ponderadas da Carga Média e Tempo Total, considerando para ambos as frequências de cada classe de navio.

Ao desconsiderar o efeito da sazonalidade, fica implícita a hipótese de que haverá armazéns suficientes para harmonizar o embarque da produção do Centro-Oeste. É importante notar que essa capacidade não considera qualquer ociosidade, de forma que é impossível de ser atingida com as taxas de produtividade adotadas, pois a aleatoriedade de eventos e chegadas de navios provocaria um desequilíbrio no sistema, formando uma fila que não teria tempo para ser

[7] Tempo disponível para operação no berço.

equilibrada. Portanto, admitiu-se um fator de ocupação do berço de 80%[8] ao longo do ano, valor a partir do qual começam níveis exponenciais de fila, o que não é recomendado ao porto. Essa é a capacidade recomendada para cada berço, e seus valores estão listados na Tabela 3.

Tabela 3 - Capacidade do berço em função da sua profundidade

Calado do porto	Horas disp.	Tempo por navio (h)	Núm. navios	Consignação média (t)	Capacidade máxima (Mtpa)	Capacidade recomendada (Mtpa)
11	7.884	45,1	175	20.000	3,50	3,11
12	7.884	56,6	139	29.667	4,13	3,67
13,5	7.884	51,4	153	33.775	5,18	4,60
16	7.884	51,9	152	35.705	5,42	4,82
17	7.884	53,0	149	39.839	5,93	5,27

3. Análise da capacidade atual e futura de movimentação dos portos que compõem as rotas de exportação do Centro-Oeste

Essa seção aborda o cálculo da capacidade de movimentação dos portos que escoam a produção agrícola do Centro-Oeste, a partir da metodologia descrita na seção anterior. O cálculo da capacidade atual considerou os principais portos exportadores de cargas produzidas pela região, enquanto a estimativa da capacidade futura incluiu expansões e portos que serão viabilizados pelos investimentos anunciados.

3.1. Identificação dos principais produtos exportados

Os principais produtos exportados pelo Centro-Oeste foram identificados através do histórico recente de exportações. A Figura 3 detalha a evolução dos fluxos exteriores com origem na Região Centro-Oeste de 2002 a 2007.

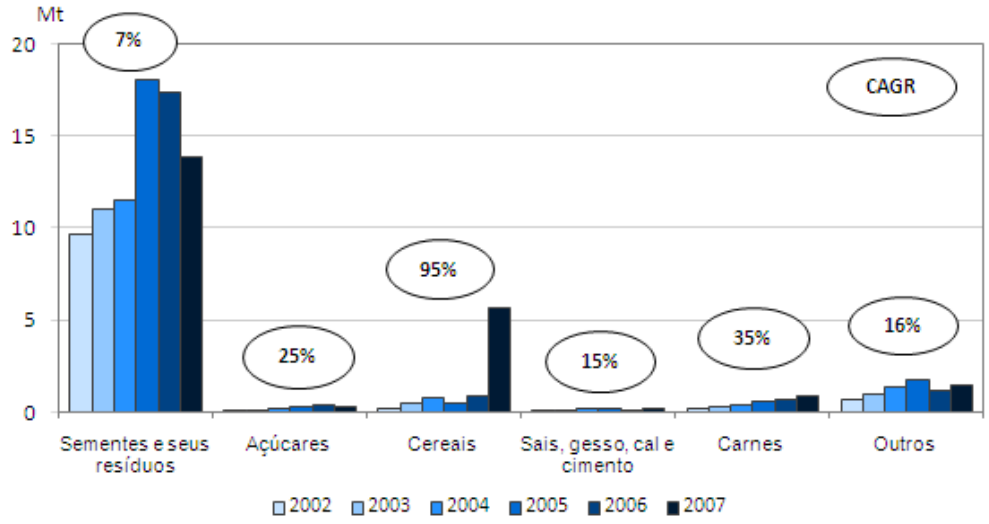


Figura 3 – Histórico das exportações do Centro Oeste[9]

[8] A ocupação do berço é o tempo total menos os tempos de manutenções e ocioso.

[9] A Soja representa 99% das sementes e resíduos, e o Milho, 96% dos cereais exportados pelo Centro-Oeste.

Em 2007, a soja respondeu por 62,6% de toda a exportação da região, e o milho por 25,6%. As análises seguintes foram, portanto, focadas nesses produtos. Foram consideradas também as exportações de açúcar, devido ao acelerado crescimento da produção de cana desde 2002 (CAGR de 6% a.a).

3.2. Identificação dos portos que compõem a atual malha logística

Os principais portos que compõem as rotas de escoamento da safra do Centro-Oeste, com a exceção do Porto de Itacoatiara (AM), encontram-se no sul e sudeste brasileiro, sendo o Porto de Santos o mais representativo, com 8,6 Mt de exportação de grãos em 2007. Devido à inexpressiva quantidade de produtos agrícolas da região exportados por outros portos, foram considerados na análise de capacidade portuária atual apenas os cinco portos apresentados na Figura 4.

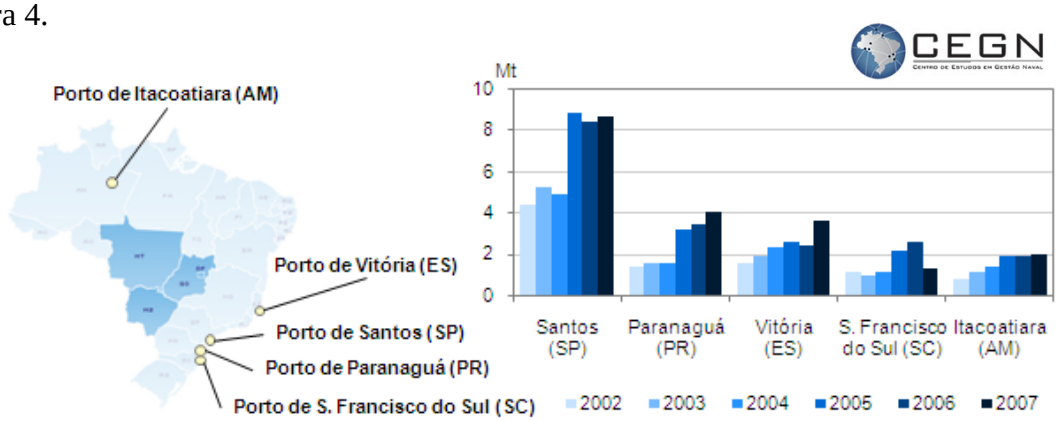


Figura 4 – Volumes de cargas agrícolas do Centro-Oeste movimentados nos principais portos

3.3. Movimentação atual dos terminais

Porto de Santos (SP)

O Porto de Santos é o mais importante para a logística da produção agrícola do Centro-Oeste, escoando 44% dos granéis agrícolas exportados por essa região em 2007. A Tabela 4 apresenta a representatividade e o crescimento da carga agrícola nesse porto, por estado de origem.

Tabela 4 - Origens da movimentação de granéis agrícolas no Porto de Santos

Origem	Mov. 2007 (Mt)	Participação (%)	CAGR 2002-2007(%)
Brasil	24,12	100,0%	8,6%
Centro-Oeste	**8,64**	**35,8%**	**12,5%**
Mato Grosso	5,60	23,2%	7,0%
Goiás	2,09	8,7%	27,3%
M. Grosso do Sul	0,95	3,9%	38,1%
São Paulo	14,09	58,4%	9,6%
Minas Gerais	1,31	5,4%	19,4%
Paraná	0,04	0,2%	9,6%

A

Tabela 5 apresenta a movimentação de cada um dos produtos no Porto de Santos em 2007.

Tabela 5 – Movimentação de soja, milho e açúcar no Porto de Santos em 2007

	Soja		Milho		Açúcar	
Origem	**Exp. (Mt)**	**Part. (%)**	**Exp. (Mt)**	**Part. (%)**	**Exp. (Mt)**	**Part. (%)**
Brasil	7,1	100,00%	2,9	100,00%	14,1	100,00%
Centro-Oeste	6,2	87,32%	2,2	75,86%	0,2	1,42%

Porto de Paranaguá (PR)

O Porto de Paranaguá divide com o Porto de Santos a importância para o escoamento da safra agrícola dos estados do Centro-Oeste. Por esse porto, passaram 20% dos granéis agrícolas exportados pela região em 2007, representando 22,9% do total movimentado no porto (Tabela 6).

Tabela 6 - Origens da movimentação de granéis agrícolas no Porto de Paranaguá

Origem	**Mov. 2007 (Mt)**	**Participação (%)**	**CAGR 2002-2007(%)**
Brasil	17,3	100,0%	2,7%
Centro-Oeste	**4,0**	**22,9%**	**23,0%**

A Tabela 7 apresenta a movimentação de cada um dos produtos no porto em 2007.

Tabela 7 - Movimentação de soja, milho e açúcar no Porto de Paranaguá em 2007

	Soja		Milho		Açúcar	
Origem	**Exp. (Mt)**	**Part. (%)**	**Exp. (Mt)**	**Part. (%)**	**Exp. (Mt)**	**Part. (%)**
Brasil	10,8	100,00%	4,7	100,00%	2,6	100,00%
Centro-Oeste	2,5	23,20%	1,3	27,66%	0,13	5,00%

Porto de Vitória (ES)

Em Vitória e Vila Velha existem dois terminais para movimentação de grãos, que movimentaram, em 2007, 4,7 Mt de granéis agrícolas (Tabela 8).

Tabela 8 - Origens da movimentação de granéis agrícolas nos Portos de Vitória

Origem	**Mov. 2007 (Mt)**	**Participação (%)**	**CAGR 2002-2007(%)**
Brasil	4,7	100,0%	8,6%
Centro-Oeste	**3,6**	**75,0%**	**13,3%**

A Tabela 9 apresenta a movimentação de cada um dos produtos no porto em 2007.

Tabela 9 - Movimentação de soja, milho e açúcar nos Portos de Vitória em 2007

	Soja		Milho		Açúcar	
Origem	**Exp. (Mt)**	**Part. (%)**	**Exp. (Mt)**	**Part. (%)**	**Exp. (Mt)**	**Part. (%)**
Brasil	3,4	100,00%	1,2	100,00%	-	-
Centro-Oeste	2,4	70,59%	1,2	100,00%	-	-

Porto de Itacoatiara (AM)

A movimentação de granéis agrícolas no Porto de Itacoatiara, no município de Itacoatiara-AM. O Centro-Oeste é responsável por 93,1% da movimentação desse tipo de carga no porto (

Tabela 10).

Tabela 10 - Origens da movimentação de granéis agrícolas no porto de Itacoatiara

Origem	Mov. 2007 (Mt)	Participação (%)	CAGR 2002-2007(%)
Brasil	2,2	100,0%	20,0%
Centro-Oeste	**2,0**	**93,1%**	**17,9%**

A Tabela 11 apresenta a movimentação de cada um dos produtos no porto em 2007.

Tabela 11 - Movimentação de soja, milho e açúcar no Porto de Itacoatiara em 2007

	Soja		Milho		Açúcar	
Origem	**Exp. (Mt)**	**Part. (%)**	**Exp. (Mt)**	**Part. (%)**	**Exp. (Mt)**	**Part. (%)**
Brasil	2,1	100,00%	0,18	100,00%	-	-
Centro-Oeste	1,9	90,48%	0,18	100,00%	-	-

Porto de São Francisco do Sul (SC)

O Porto de São Francisco do Sul exportou apenas 6,6% das cargas agrícolas do Centro-Oeste em 2007, o que equivale a 31,9% dos granéis movimentados pelo porto no mesmo período (Tabela 12).

Tabela 12 - Origens da movimentação de granéis agrícolas no Porto de São Francisco do Sul

Origem	Mov. 2007 (Mt)	Participação (%)	CAGR 2002-2007(%)
Brasil	4,1	100,0%	17,0%
Centro-Oeste	**1,3**	**31,9%**	**4,3%**

A Tabela 13 apresenta a movimentação de cada um dos produtos no porto em 2007.

Tabela 13 - Movimentação de soja, milho e açúcar no porto de São Francisco do Sul em 2007

	Soja		Milho		Açúcar	
Origem	**Exp. (Mt)**	**Part. (%)**	**Exp. (Mt)**	**Part. (%)**	**Exp. (Mt)**	**Part. (%)**
Brasil	2,5	100,00%	1,5	100,00%	-	-
Centro-Oeste	0,6	24,00%	0,6	40,00%	-	-

3.4. Capacidade de movimentação dos portos atualmente utilizados

Porto de Santos (SP)

O Porto de Santos contava, em 2007, com oito terminais para a movimentação de todas as cargas de granéis agrícolas, incluindo terminais próprios de grandes *tradings* agrícolas, como a Cargill, e terminais de uso público.

Seis terminais desse porto são especializados para a movimentação de soja e açúcar, todos operando em estruturas separadas. O milho pode ocupar estruturas disponíveis para grãos diversos ou dividir espaço com a soja.

A profundidade e capacidade estática de cada terminal de açúcar estão listadas na

Tabela 14, assim como os resultados dos cálculos de capacidade de embarque e de armazenagem.

Tabela 14 – Terminais de Açúcar em Santos

Terminal	Calado (m)	Capacidade de embarque (Mtpa)	Capacidade estática (t)	Capacidade de armazenagem (Mtpa)	Capacidade de Movimentação (Mtpa)
Teaçu I (União)	12,0	3,7	230.000	4,6	3,7
Teaçu III (Coopersucar)	13,0	4,3	242.500	4,9	4,3
TEAG	12,8	4,3	110.000	2,2	2,2
Teaçu II (Cosan)[10]	13,5	2,3	215.000	2,2	2,2
Total		**14,6**		**16,0**	**12,4**

As características e os resultados do cálculo de capacidade para os terminais de soja são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 – Terminais de Soja no porto de Santos

Terminal	Calado (m)	Capacidade de embarque (Mtpa)	Capacidade estática (t)	Capacidade de armazenagem (Mtpa)	Capacidade de Movimentação (Mtpa)
Teaçu II (Cosan)[10]	13,5	2,3	215.000	2,2	2,2
Cargill	12,8	4,3	90.000	1,8	1,8
Ferronorte / Caramuru	12,9	4,3	200.000	4,9	4,3
Total		**10,9**		**10,1**	**8,3**

Além desses terminais especializados, outros terminais operam grãos diversos, com estrutura suficiente para a movimentação de cerca de 11 Mtpa. São eles: T-grão, ADM, Quintella, Itamaraty e Pérola.[11]

Porto de Paranaguá (PR)

A estrutura do Porto de Paranaguá para a movimentação de granéis está dividida em 11 terminais: SOCEPAR, PASA e BUNGE possuem um berço cada um e os 8 demais (Cargill, APPA, Cotriguaçu, COAMO, Centro Sul, Paraguai/AGTL, CBL, Coinbra) formam um corredor de exportação e dividem outros três berços.

No porto, soja e milho são movimentados pelos mesmos terminais, listados na Tabela 16, com os respectivos resultados dos cálculos de capacidade de embarque e de armazenagem.

Tabela 16 – Capacidade de movimentação de milho e soja em Paranaguá

Terminal	Calado (m)	Capacidade de embarque (Mtpa)	Capacidade estática (t)	Capacidade de armazenagem	Capacidade de Movimentação

[10] O terminal da Cosan dedica-se também à movimentação de soja. Considerou-se que cada carga teria reservada 50% da capacidade.

[11] Dados obtidos em contatos nos terminais.

				(Mtpa)	(Mtpa)
SOCEPAR	11,3	3,1	192.000	3,8	3,1
PASA	10,6	3,0	174.000	3,5	3,0
BUNGE	10,0	3,0	75.500	1,5	1,5
Corred. Export.	11,9	11,1	985.000	19,7	11,1
Total		**20,2**		**28,5**	**18,7**

Porto de Vitória (ES)

Em Vitória, há dois pontos capacitados para movimentação de grãos: o Terminal de Capuaba, que movimenta hoje principalmente trigo e malte para importação, e o berço de soja do Terminal de Produtos Diversos do Complexo de Tubarão, administrado pela Vale.

Tabela 17 – Capacidade de movimentação de milho e soja em Vitória

Terminal	Calado (m)	Capacidade de embarque (Mtpa)	Capacidade estática (t)	Capacidade de armazenagem (Mtpa)	Capacidade de Movimentação (Mtpa)
Capuaba [12]	11	3,2	128.000	2,5	2,5
TPD 3	16	4,7	444.000	8,9	4,7
Total		**7,9**		**11,4**	**7,2**

Porto de Itacoatiara (AM)

O Porto de Itacoatiara é composto pelo terminal privativo de uso misto da Hermasa e localiza-se às margens do Rio Amazonas, o que faz seu calado variar entre 9 a 12 m, devido ao efeito das cheias. No momento, face à atual ociosidade do terminal, não são conhecidos planos de expansão.

Tabela 18 – Capacidade de movimentação de milho e soja em Itacoatiara

Terminal	Calado (m)	Capacidade de embarque (Mtpa)	Capacidade estática (t)	Capacidade de armazenagem (Mtpa)	Capacidade de Movimentação (Mtpa)
Hermasa	11	3,1	300.000	6,0	3,1

Porto de São Francisco do Sul (SC)

No Porto de São Francisco do Sul, Terlogs e Bunge administram terminais para granéis, e formam o Corredor de Exportação junto com a CIDASC (Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina), empresa pública criada para apoiar o agronegócio no estado. A Tabela 19 lista as características dos terminais de granéis do Porto de São Francisco do Sul.

Tabela 19 – Capacidade dos terminais de São Francisco do Sul

Terminal	Calado (m)	Capacidade de embarque (Mtpa)	Capacidade estática (t)	Capacidade de armazenagem (Mtpa)	Capacidade de Movimentação (Mtpa)
Terlog	10,1 e 8,7	3,0 e 2,5	105.000	2,1	3,0 e 2,5
CIDASC			110.000	2,2	
Bunge			200.000	4,0	
Total		**5,5**		**8,3**	**5,5**

[12] Para o cálculo da capacidade de embarque utilizou-se ocupação do berço de 80% no ano e taxa de carregamento efetiva de 50% da nominal. A utilização do berço para desembarque de outros produtos, como trigo e malte, diminui a capacidade disponível para embarque.

3.5. Capacidade de movimentação dos portos viabilizados pelas novas rotas

O PNLT lista uma série de obras necessárias para viabilizar novas rotas de exportação do Centro-Oeste. Muitas delas foram incluídas no PAC e utilizarão os seguintes portos do Norte e Nordeste: Santarém (PA), Itaqui (MA), Vila do Conde (PA), Suape (PE) e Pecém (CE).

Alguns desses portos já movimentam grãos, mas precisariam expandir suas capacidades para atender à demanda adicional. Alguns projetos já foram anunciados:

- **Suape:** Um novo cais, o Cais 8, está em fase de projeto executivo e será dedicado à exportação de grãos do NE e possivelmente do CO pela Bunge e um grande armazém para grãos está sendo construído. Há planos ainda não definitivos de um terminal para açúcar e outro armazém para 80 mil toneladas de grãos. Estima-se que esse porto terá capacidade para movimentar 5 Mtpa;
- **Pecém:** está em licitação a construção de um novo píer (Píer 3), que deverá ser concluída até 2012. Nele será instalado um terminal, que movimentará, entre outras cargas, granéis agrícolas. Estima-se que esse porto terá capacidade para movimentar 5 Mtpa;
- **Itaqui:** o berço dedicado à movimentação de grãos divide espaço com ferro gusa, cobre e outros. A ampliação de capacidade incluiria a utilização de três berços públicos (101, 102 e 103) ou a construção de um novo berço para granéis líquidos, o que liberaria o berço 105 para grãos. Existe, confirmado, o projeto de um novo terminal (Terminal de Grãos do Maranhão), que teria capacidade para armazenar até 1 Mt. Ao todo o porto deverá movimentar 7,9 Mtpa, sendo 35% apenas de granéis (2,8 Mtpa);
- **Santarém:** conta com um Terminal da Cargill que tem boa estrutura para escoar granéis agrícolas (armazenagem de 60 mil toneladas). Com base na estrutura disponível e no calado do porto, sua capacidade de movimentação é de 2,8 Mtpa;
- **Porto de Vila do Conde:** não tem projetos de expansão anunciados, mas com base na estrutura disponível e no calado do porto, investimentos no terminal poderiam capacitá-lo a movimentar 3,6 Mtpa.

3.6. Resumo da capacidade portuária após os investimentos

A Figura 5 ilustra os principais portos utilizados atualmente (1 a 5) e aqueles com potencial (6 a 10) para o escoamento da safra agrícola do Centro-Oeste.



Figura 5 – Portos utilizados atualmente e os viabilizados pelos investimentos para escoamento da safra do Centro-Oeste e suas capacidades de movimentação

Os portos que compõem as atuais rotas de escoamento da produção do Centro-Oeste possuem capacidade para movimentar 66,2 Mtpa. Após os investimentos em rotas terrestres, os portos viabilizados adicionarão 19,2 Mtpa, o que resulta na capacidade futura de 85,4 Mtpa.

3.7. Demanda futura de capacidade portuária para a movimentação de grãos agrícolas oriundos do Centro-Oeste

A estimativa da produção futura não é o foco deste trabalho, portanto, utilizou-se como referência o relatório técnico "Análise da Logística do Corredor Centro-Oeste e Propostas de Modernização da Infra-Estrutura", em elaboração pelo CEGN, no qual é feita a projeção da produção agrícola da região para 2023. Os volumes da produção agrícola da região nos últimos anos e as projeções resumidas encontram-se na Tabela 20.

Tabela 20 – Volume da produção agrícola no Centro-Oeste[13], histórico recente e projeção para 2023 (Mt)

Estado	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2023*
MT	22,4	26,6	30,8	32,2	33,8	33,4	101,8
MS	12,9	13,2	16,2	15,2	14,5	18,5	41
GO	20,6	22,9	25,8	26,8	28,4	31,2	39
Total	55,8	62,8	72,9	74,3	76,8	83,0	181,8

Atualmente, do volume total da produção de granéis agrícolas da região, apenas 22% é destinada ao mercado externo[14]. O estudo da produção futura do Centro-Oeste indica que em 2023, a proporção de granéis exportados dessa região será de 52%. Caso as projeções se confirmem, a demanda portuária gerada apenas pelos granéis agrícolas dessa região será de 94,5 Mtpa.

[13] Soja, milho e cana-de-açúcar.

[14] Para as avaliações do mercado externo, foram utilizados dados estatísticos das exportações e importações disponibilizados pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior através de um sistema de análise de informações do comércio exterior via Internet (ALICEWeb/MDIC).

4. Conclusão

O crescimento expressivo da produção agrícola no Centro-Oeste brasileiro motivou uma investigação da capacidade portuária dedicada a esses volumes. O método de cálculo foi aplicado aos principais portos (atuais e projetos futuros) exportadores das cargas com origem na região, de forma a permitir comparações com as projeções de exportação de granéis da região. A capacidade dos portos foi estimada com base na estrutura física de embarque e armazenagem dos mesmos, que, comumente, se apresentam como os principais gargalos da movimentação portuária.

A capacidade atual de movimentação dos principais portos de escoamento das exportações de grãos agrícolas do Centro-Oeste foi estimada em 66,2 Mt por ano. Em 2007, a movimentação total desse tipo de carga nesses portos foi de 52,4 Mt, sendo 19,5 Mt (37%) oriundas do Centro-Oeste. Até o ano de 2023, graças principalmente ao escoamento por outros portos, viabilizados através de investimentos maciços na infraestrutura logística do país, espera-se que a capacidade de movimentação de granéis agrícolas de todos os portos compreendidos na malha logística do Centro-Oeste alcance cerca de 85,4 Mt por ano, ante uma estimativa de exportação de 94,5 Mt.

Além das estimativas para o Centro-Oeste, se as exportações de granéis por esses portos originadas nas outras regiões brasileiras mantiverem a mesma média de crescimento de área plantada dos últimos 10 anos (2% a.a), a demanda total dos portos estudados será de 139 Mt em 2023. Assim, apesar da viabilização das novas rotas de escoamento para os granéis do Centro-Oeste, a capacidade portuária deverá constituir um gargalo às exportações agrícolas, e portanto, serão necessários investimentos adicionais.

Bibliografia

ANTAQ – Agência Nacional de Transportes Aquaviários.

CEGN – Centro de Estudos em Gestão Naval. *Análise da Logística do Corredor Centro-Oeste e Propostas de Modernização da Infra-Estrutura*. Em elaboração.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior.

Ministério dos Transportes. *PNLT – Plano Nacional de Logística e Transportes.*

Estudo de estática de linhas em catenária, através de análise de imagens

Rodrigo Mota Amarante

Departamento de Engenharia Naval e Oceânica (POLI – USP)

Centro de Estudos em Gestão Naval

rodrigo.amarante@gestaonaval.org.br

Prof. Dr. André Luis Condino Fujarra

Departamento de Engenharia Naval e Oceânica (POLI– USP)

afujarra@usp.br

RESUMO

Uma das áreas de interesse da Engenharia Naval é a Mecânica de Sistemas Offshore, onde o estudo de linhas é, sem dúvida, um dos mais importantes. Essas estruturas têm aplicação fundamental nas amarrações de sistemas flutuantes, *risers* e umbilicais.

As formas de estudo desses sistemas de linhas variam muito, passando pelas vertentes analítica, numérica e experimental. Não são raros também os casos em que duas ou mais destas formas de análise são utilizadas conjuntamente.

Dados os progressos tecnológicos na área computacional alcançados nas últimas décadas com os sucessivos avanços em termos de capacidade de memória e processamento faz-se interessante utilizar ferramentas numéricas para auxiliar o estudo de diversos problemas de engenharia.

No caso particular dos *risers*, cabe notar que a análise estática da linha submersa é essencial para a determinação de seu comportamento dinâmico frente às condições impostas pelo ambiente.

Dada sua originalidade, o presente texto enfoca, de maneira alternativa, diversos aspectos relacionados aos estudos estáticos de linhas sob configuração de catenária, proporcionando novas perspectivas para um entendimento mais amplo do assunto.

O que se propõe neste trabalho é a utilização de técnicas de análise de imagem, principalmente o Método DLT (*Direct Linear Transform*), a fim de determinar as características estáticas de linhas sob configuração de catenária, aéreas ou submersas, através de fotografias e vídeos digitais. O emprego desses recursos é inovador dentro da área *offshore*, além de apresentar baixo custo relativo de implementação, em detrimento aos resultados de grande valor prático que podem ser obtidos.

A validação das rotinas numéricas geradas e dos procedimentos propostos a seguir será feita por comparação com os resultados advindos de ensaios físicos e simulados. A checagem a ser realizada consiste em confrontar esses resultados com o que se esperava analiticamente a partir do levantamento bibliográfico realizado, além da utilização de *softwares* específicos e de um sistema comercial de análise digital de imagens da Qualysis.

ABSTRACT

One of interest areas of Naval Engineering is Offshore Mechanical Systems, where the study of lines is undoubtedly one of the most important. These structures are fundamental in the implementation of systems floating moorings, risers and umbilical cables.

Ways to study these lines systems vary widely, through the analytical, numerical and experimental aspects. It is also common studies where two or more of these forms of analysis are used together.

Given the technological advances in computing over recent decades, with successive advances in memory capacity and processing, numerical tools become very useful to assist the study of various problems of engineering.

In the particular case of risers, it is noted that the static analysis of lines is essential for the determination of their dynamic behavior since the conditions imposed by the environment.

Given its uniqueness, this text focuses on, in an alternative way, various aspects related to studies of static lines in the catenary configuration, providing new perspectives for a broader understanding of this subject.

In this work it proposed the use of techniques of image analysis, especially the DLT Method (Direct Linear Transform), to determine the static characteristics of catenary lines, in air or underwater, trough pictures and digital videos. The use of these resources is innovative within offshore segment, since its low relative cost of implementation rather than the outcomes about the useful practical results which can be obtained.

The validation of numerical routines generated and proposed procedures to follow will be compared with results derived from simulated and empirical tests. The checks to be performed consist in compare these outcomes with expected analytically results from the literature review conducted, besides the auxiliary use of specific software and the commercial Qualysis' Motion Capture System.

1. INTRODUÇÃO

Além da fundamental importância destacada anteriormente, o Processamento Digital de Imagens é uma área essencial a vários campos de pesquisa, que vão desde a introdução de marcas d'água em imagens e vídeos, passando pro procedimento de análises de imagens esportivas como verificação de impedimentos no futebol e por estudos relacionados às mais diversas áreas da Medicina, por exemplo.

Um ponto essencial no processamento e análise de imagens e vídeos é a calibração das câmeras utilizadas. Esse procedimento é necessário devido a aspectos inerentes a esses equipamentos, tais como distorção pelas lentes, representação bidimensional de objetos no espaço, fatores de escala, etc. Uma das formas de abordar esse problema é a chamada Transformação Linear Direta (ou simplesmente DLT, do inglês Direct Linear Transformation).

O Método da Transformação Linear Direta foi proposto originalmente por Abdel-Aziz e Karara (1971) e é um dos mais utilizados para calibração de câmeras. As discussões e formulações referentes a esse tema e que cercam a presente seção estão baseadas em Kwon (1998).

O objetivo do Método DLT é a determinação da relação entre as coordenadas dos sistemas real e da imagem a partir da utilização de um determinado conjunto de pontos de controle (Figura 1.1).

Por concisão, a formulação referente à calibração de câmeras teve seu desenvolvimento suprimido no contexto deste trabalho, sendo que apenas os principais resultados serão mostrados.

Maiores detalhes podem ser vistos em Kwon (1998).

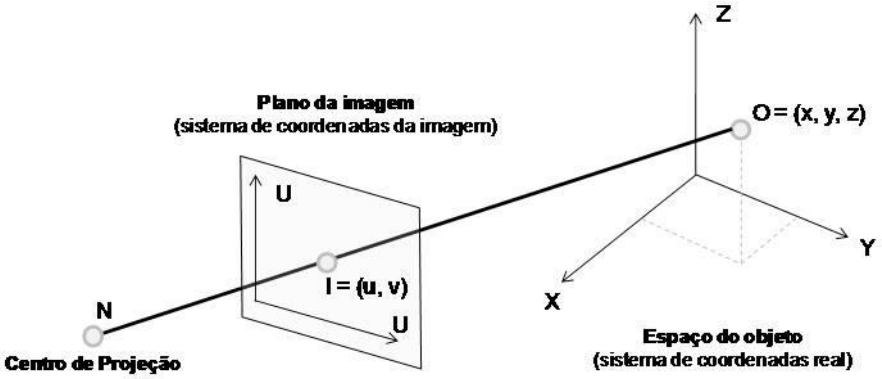


Figura 1.1: Sistemas de coordenadas real e da imagem.

Fonte: Adaptado de Kwon (1998)

A equação (1) a seguir representa a matriz de transformação entre as coordenadas da imagem em seu sistema de referência e as do objeto.

$$A^{(I)} = T_{I/O} \cdot A^{(O)} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \cdot A^{(O)} \quad (1)$$

O desenvolvimento completo da formulação matemática associada a esse tópico leva às seguintes equações:

$$u = \frac{L_1 \cdot x + L_2 \cdot y + L_3 \cdot z + L_4}{L_9 \cdot x + L_{10} \cdot y + L_{11} \cdot z + 1}$$
$$v = \frac{L_5 \cdot x + L_6 \cdot y + L_7 \cdot z + L_8}{L_9 \cdot x + L_{10} \cdot y + L_{11} \cdot z + 1} \quad (2)$$

Onde:

$$
\begin{aligned}
L_1 &= \frac{u_0 \cdot r_{31} - d_u \cdot r_{11}}{D} \\
L_2 &= \frac{u_0 \cdot r_{32} - d_u \cdot r_{12}}{D} \\
L_3 &= \frac{u_0 \cdot r_{33} - d_u \cdot r_{13}}{D} \\
L_4 &= \frac{(d_u \cdot r_{11} - u_0 \cdot r_{31}) \cdot x_0 + (d_u \cdot r_{12} - u_0 \cdot r_{32}) \cdot y_0 + (d_u \cdot r_{13} - u_0 \cdot r_{33}) \cdot z_0}{D} \\
L_5 &= \frac{v_0 \cdot r_{31} - d_v \cdot r_{11}}{D} \\
L_6 &= \frac{v_0 \cdot r_{32} - d_v \cdot r_{12}}{D} \\
L_7 &= \frac{v_0 \cdot r_{33} - d_v \cdot r_{13}}{D} \\
L_8 &= \frac{(d_v \cdot r_{11} - v_0 \cdot r_{31}) \cdot x_0 + (d_v \cdot r_{12} - v_0 \cdot r_{32}) \cdot y_0 + (d_v \cdot r_{13} - v_0 \cdot r_{33}) \cdot z_0}{D} \\
L_9 &= \frac{r_{31}}{D} \\
L_{10} &= \frac{r_{32}}{D} \\
L_{11} &= \frac{r_{33}}{D}
\end{aligned}
\tag{3}
$$

onde:

$$(d_u, d_v) \equiv \left(\frac{d}{\lambda_u}, \frac{d}{\lambda_v}\right) \tag{4}$$

$$D \equiv -(x_0 \cdot r_{31} + y_0 \cdot r_{32} + z_0 \cdot r_{33}) \tag{5}$$

L_1 a L_{11} são os chamados parâmetros DLT, utilizados para a transformação entre as coordenadas (u, v) da imagem e (x, y, z) do objeto, *d* é a distância entre o ponto principal do sistema óptico e a imagem e λ o fator de escala entre objeto e imagem.

A aplicação da matriz de transformação mostrada anteriormente ao conjunto de equações acima leva a um sistema de equações a ser.

O primeiro passo para aplicação deste método é sua utilização aos pontos de controle, a fim de estabelecer a calibração das câmeras propriamente dita e os parâmetros DLT.

O mesmo processo é, então, aplicado aos alvos para determinação de suas coordenadas no sistema de referências do objeto. A partir disso, os pontos são aproximados analiticamente por uma catenária e a função obtida auxilia na determinação da tração no topo da linha elástica ensaiada.

Como existem 11 parâmetros indeterminados, são necessárias ao menos 6 equações para seu estabelecimento. Na realidade, seis ou mais pontos de calibração tornam super-determinado o sistema dado por (2), ou seja, ele passa a ter mais equações que incógnitas. Essa é uma característica desejável a fim de mitigar eventuais erros inerentes às medições. A resolução deste tipo de sistema de equações é feita a partir da aplicação do chamado Método dos Mínimos Quadrados (MMQ), para o qual o tratamento matricial das equações apresentadas torna-se mais adequado. Assim, o sistema (2) pode ser reescrito da seguinte forma:

$$\begin{bmatrix} L_1^{(1)} - u^{(1)} \cdot L_9^{(1)} & L_2^{(1)} - u^{(1)} \cdot L_{10}^{(1)} & L_3^{(1)} - u^{(1)} \cdot L_{11}^{(1)} \\ L_5^{(1)} - v^{(1)} \cdot L_9^{(1)} & L_6^{(1)} - v^{(1)} \cdot L_{10}^{(1)} & L_7^{(1)} - v^{(1)} \cdot L_{11}^{(1)} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ L_1^{(m)} - u^{(m)} \cdot L_9^{(m)} & L_2^{(m)} - u^{(m)} \cdot L_{10}^{(m)} & L_3^{(m)} - u^{(m)} \cdot L_{11}^{(m)} \\ L_5^{(m)} - v^{(m)} \cdot L_9^{(m)} & L_6^{(m)} - v^{(m)} \cdot L_{10}^{(m)} & L_7^{(m)} - v^{(m)} \cdot L_{11}^{(m)} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u^{(1)} - L_4^{(1)} \\ v^{(1)} - L_8^{(1)} \\ \vdots \\ u^{(m)} - L_4^{(m)} \\ v^{(m)} - L_8^{(m)} \end{bmatrix} \quad \textbf{(6)} \ (6)$$

2. O EXPERIMENTO

O experimento levado a cabo e aqui descrito foi concebido para determinação da estática de uma linha elástica, através de técnicas de Processamento Digital de Imagens. Sua realização ocorreu no Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT-SP) e os dados físicos da linha ensaiada podem ser visualizados na Tabela 2.1. Relativamente aos dados dessa tabela, saliente-se que o comprimento da linha foi medido com uma trena e sua massa por uma balança de precisão 5 g. As demais medidas métricas foram obtidas com uso de paquímetro e as rigidezes axial e flexional a partir de ensaios simples com massas padronizadas.

Tabela 2.1: Características físicas da linha utilizada no Experimento 1

Descrição	Símbolo	Valor	Unidade
comprimento total	L	7,726	m
massa	M	1,4	kg
diâmetro externo	Dext	14,0	mm
diâmetro interno	Dint	7,1	mm
constante elástica	k	354,4	N/m
rigidez flexional	EI	2,38E–02	$kg.m^2$

A Figura 2.2 apresenta a linha de silicone utilizada para esse ensaio. Seu interior foi preenchido com areia fina a fim de proporcionar maior rigidez à mesma. As características físicas apresentadas já levam isso em consideração.

O sistema de referências adotado é tal que o plano xy é solidário ao solo e o eixo z é vertical, com sentido contrário ao do campo gravitacional local. Note-se a presença de 11 pares de alvos posicionados sobre o *riser*. Além disso, foram utilizados tapetes plásticos brancos contendo pontos de controle circulares pretos. Cada um desses círculos possui diâmetro de 20 mm e seus centros estão distantes 40 mm, nas direções paralelas aos eixos adotados.

Os pontos de controle são necessários para calibração das câmeras utilizadas, bem como corrigir os efeitos de distorção das lentes. A aplicação do Método DLT permite obter a matriz de transformação de coordenadas entre os sistemas de referência da imagem (u, v) e do objeto (x, y, z). Os alvos foram utilizados para reconhecimento da catenária, após aplicação da técnica da transformação linear direta, e foram reconhecidos a partir das imagens processadas (imagem única ou sequência de frames de um vídeo), obtendo-se suas coordenadas (u, v). A aplicação da transformada obtida permite, então, o cálculo das coordenadas dos alvos no sistema de coordenadas real. Esses pontos são aproximados por uma catenária possibilitando a extração das informações acerca da estática da linha ensaiada.

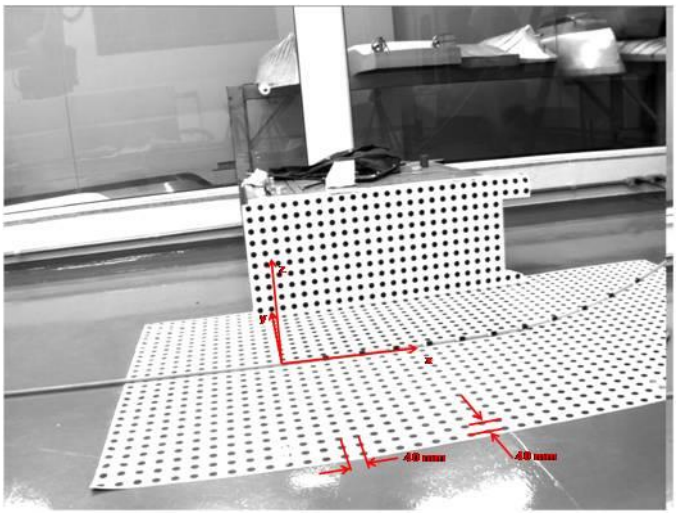


Figura 2.2: Linha utilizada no experimento no seco e o sistema de referências utilizado.

Para o presente experimento foi utilizado um aparato para estabelecer o movimento no topo da linha. O sistema era acionado por um motor trifásico 220 V, cuja frequência de operação podia ser determinada por um módulo controlador. Ao eixo desse motor foi acoplado um braço que permitia ajuste da sua fixação, possibilitando modificações na amplitude do movimento circular imposto. A linha permanecia fixada solidariamente a esse braço e entre eles o topo contava com uma célula de carga de fundo de escala 10 libras, para medição das trações naquele ponto.

Além da instrumentação descrita, o ensaio contou com aquisição de imagens realizada a partir de dois conjuntos de câmeras:

1) Duas câmeras JAI modelo CV-A1-20, de alta resolução para filmagens em escala de cinza, conectadas a uma placa de aquisição. As imagens obtidas por essas câmeras foram utilizadas na aplicação do Método DLT;
2) Um sistema fechado da Qualisys denominado *Motion Capture System*, composto por duas câmeras que captam emissões luminosas na faixa do infravermelho. Esse conjunto trabalha com um *software* específico da mesma empresa e permite a obtenção das séries temporais dos deslocamentos da linha sem necessidade a de pós-processamento.

2.1 Análise da estática da linha

Foram realizadas seis experimentações com o aparato descrito anteriormente, cujas características foram apresentadas na **Error! Reference source not found.**. Previamente à imposição dos movimentos à linha, os sistemas de aquisição já monitoravam o ensaio, permitindo que os dados levantados nesses instantes pudessem ser usados na análise da estática do *riser* em estudo.

A obtenção de dados se deu por três diferentes sistemas, cada um dos quais capazes de gerar um conjunto de resultados distintos, mas inter-relacionáveis.

O sistema de aquisição da Qualisys permitiu a obtenção das séries temporais das posições dos 11 alvos de material reflexivo, adjacentes aos de fita preta, de difícil visualização nas figuras até aqui apresentadas. A Figura 2.3 mostra, em detalhe, a linha utilizada e os alvos mencionados.

Da instrumentação realizada pela célula de carga derivaram as séries temporais da tração atuante no topo da linha, para cada condição de ensaio levada a cabo. Esses resultados foram obtidos a partir de uma placa de aquisição conectada à célula de carga, utilizando conjuntamente o *software* Aquidados.

Cabe ressaltar que esses dois sistemas foram utilizados para fins de comparação com os resultados obtidos com o processamento e análise das imagens capturadas pelo sistema de câmeras da JAI. Na realidade, este último permitiu que o ensaio fosse filmado e o programa SiVComp[1], conectado a essas câmeras, gerou como saída os frames dos vídeos gravados. Esses frames foram então processados e analisados por rotinas numéricas desenvolvidas no âmbito do presente trabalho. Conforme já foi mencionado, foi utilizada a linguagem de programação C/C++, em adição à biblioteca de funções ProEikon.



Figura 2.3: Detalhe dos alvos posicionados sobre a linha do experimento.

Posto isso, o objetivo principal desta seção é a comparação dos resultados advindos do processamento de imagens com aqueles obtidos pelo sistema de aquisição de captura da Qualisys, pela célula de carga e os passíveis de serem obtidos a partir da abordagem analítica presente na literatura especializada.

2.1.1 Abordagem analítica

Cada ensaio dinâmico foi precedido de monitoramento pelos três sistemas de aquisição utilizados. Dessa forma, a análise estática só necessita do estudo de um desses casos, tornando os demais redundantes e aproveitados apenas para fins de confronto de resultados.

Os resultados que se seguem foram obtidos a partir dos dados da primeira configuração de ensaios (amplitude 9,5 cm e freqüência 5 rpm).

O primeiro passo após a instalação do aparato que serviu aos propósitos do experimento foi o levantamento das características dimensionais do ensaio que se encontram ilustradas na Figura 2.4, juntamente com os dados físicos da linha, constantes da Tabela 2.1.

Com os dados compilados na figura anterior é possível o estabelecimento analítico da estática da linha em catenária, através das formulações clássicas. Os cálculos foram feitos por uma rotina numérica gerada especificamente para essa finalidade. O procedimento consistia em arbitrar um valor para o ângulo de topo da catenária. Com essa estimativa é possível calcular a

[1] SiVComp ou Sistema de Visão Computacional é um *software* desenvolvido pelo Prof. Dr. Flavius Portella Ribas Martins do Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politénica da USP.

tração no TDP, a partir da densidade linear da linha e seu comprimento suspenso. Este último corresponde à diferença entre o comprimento total do *riser* e a distância horizontal entre o TDP e a projeção vertical do topo no solo (denominada por D na Figura 2.4). A seguir o ângulo de topo pode ser calculado da tração calculada no TDP, da altura do topo ao solo e novamente da densidade linear do cabo.

Resumidamente: foi arbitrado um valor para o ângulo de topo. Com ele foi estimada a tração no TDP e, em seguida, o ângulo de topo correspondente a esta força, por formulações distintas, mas conexas entre si[2]. O processo é iterativo e persiste até que a diferença entre os ângulos calculados tornem-se menores que 10^{-6} radiano. Os valores obtidos nesse processo encontram-se compilados na Tabela 2.2.

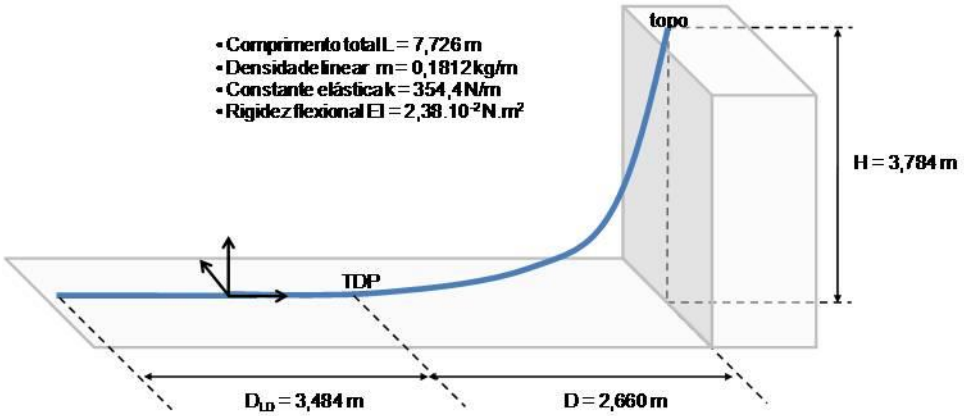


Figura 2.4: Dimensões e características físicas estáticas da linha do experimento.

Tabela 2.2: Características físicas da linha, calculadas para o experimento

Descrição	Símbolo	Valor calculado
Comprimento suspenso	Lc	5,246 m
Ângulo no topo	θ_T	71,6º
Tração efetiva	T_{ef}	9,82 N
Componente horizontal da tração efetiva	T_{efx}	3,10 N
Componente vertical da tração efetiva	T_{efz}	9,32 N

Os valores apresentados na tabela anterior permitem o estabelecimento inequívoco da função $z_a = f(x_a)$ para a catenária em questão, pelo cálculo dos parâmetros da mesma. O índice "a" subscrito refere-se a resultados analíticos.

Adicionalmente, com base nos dados das tabelas Tabela 2.1 e Tabela 2.2, é possível o cálculos dos parâmetros da linha em catenária do ensaio em estudo: $a_a = 0{,}5387$, $k_a = -1{,}8562$ e $C_a \approx 0$.

[2] Foram utilizadas, neste ponto, as equações (54) e (55) da seção **Error! Reference source not found.**.

2.1.2 Parâmetros livres calculados a partir do sistema da Qualisys

Ainda com relação à estática da catenária, os resultados obtidos com o sistema da Qualisys podem ser visualizados nas figuras Figura 2.5 e Figura 2.6.

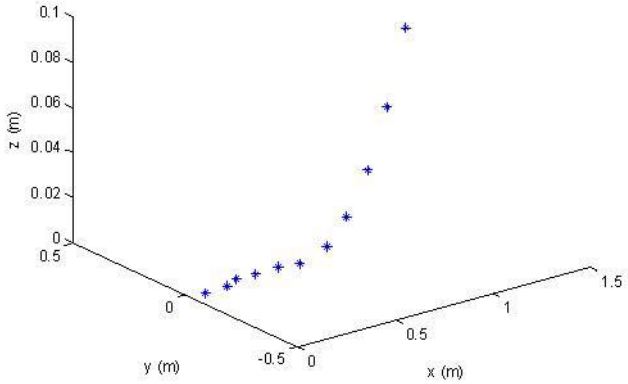


Figura 2.5: Identificação e posicionamento dos 11 alvos do experimento – sistema Qualisys.

Pela figura anterior, percebe-se que a linha encontra-se confinada no plano xz, dado que sua coordenada y é nula para todos os alvos, como esperado. A próxima ilustração mostra os mesmos alvos identificados também em azul e uma aproximação matemática, obtida por interpolação, para a catenária que melhor abarca os pontos identificados pelo sistema de aquisição da Qualisys. A função que representa essa aproximação por uma catenária é expressa a seguir:

$$z_q(x) = 1{,}3504 \cdot cosh(0{,}7405 \cdot x - 0{,}4552) - 1{,}3501$$

O índice "q" se refere a dados resultantes de análises pelo sistema Qualisys.

Como os dados de saída desse sistema de aquisição se restringem às posições dos alvos, apenas esses valores serão usados para comparações, sem o cálculo dos parâmetros físicos associados à linha. Os coeficientes calculados, associados a z_q, foram: a_q= 0,7405, C_q = -0,4552 e k_q = -1,3501.

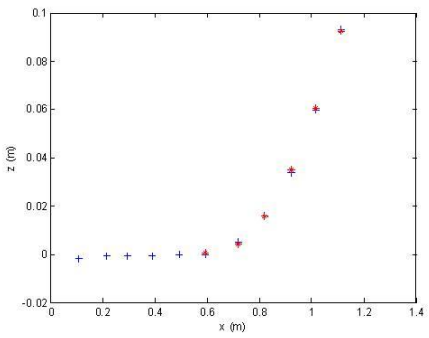


Figura 2.6: Aproximação por uma catenária dos alvos percebidos pelo sistema da Qualisys.

2.1.3 Parâmetros livres calculados a partir do processamento de imagens

O último e mais importante aspecto é a análise dos resultados provenientes do processamento de imagens com as rotinas numéricas confeccionadas para a presente dissertação e posterior confronto com as demais abordagens apresentadas.

O Método DLT, uma das bases do estudo que se segue, indica que a calibração das câmeras deve ser feita a partir de pontos de controle cujas coordenadas no sistema de referência do objeto devem ser conhecidas *a priori*. Nos ensaios realizados essa necessidade foi satisfeita com a captura de algumas imagens de calibração, utilizando-se para tanto uma estrutura rígida tridimensional, dotada de alvos, conforma ilustrado na Figura 2.7.

Conhecendo-se previamente as posições reais dessa estrutura, sua identificação no processamento de imagens possibilita que vários pontos tenham associadas suas coordenadas nos sistemas de referência da imagem e do objeto, o que é suficiente para a determinação dos chamados coeficientes DLT.

Para a calibração das câmeras, o cubo apresentado na figura anterior foi filmado com as duas câmeras[3] da JAI em quatro posições distintas no entorno da linha ensaiada. Os frames obtidos (Figura 2.8) foram então processados sucessivamente através de limiarização, utilização de filtros e morfologia matemática binária (abertura e fechamento).

Uma rotina numérica em C/C++ promoveu o processamento dessas imagens, a identificação dos pontos de controle e suas coordenadas no sistema da imagem e, após aplicação da transformação linear direta 3D, chegou-se à associação entre os sistemas de referência. Ressalte-se que, como a estrutura rígida utilizada possui oito pontos de controle em seus vértices e esta foi filmada em quatro diferentes posições, existe um total de 32 pontos de controle teoricamente passíveis de serem identificados pela rotina computacional confeccionada. O posicionamento das câmeras aliado às susceptibilidades próprias do processamento de imagem e condições dos ensaios, esse número máximo de pontos de controle detectáveis é apenas teórico.

[3] Com a finalidade de facilitar o entendimento dos processos, a câmera JAI situada à esquerda na **Error! Reference source not found.** passará a ser denominada “Cam1” e a outra “Cam2”.

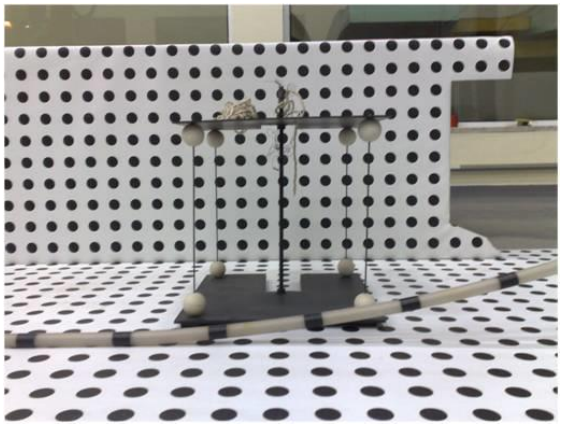


Figura 2.7: Estrutura tridimensional utilizada para calibração das câmeras do experimento.

O passo seguinte foi a utilização dos mesmos conceitos de processamento de imagens aos demais frames correspondentes à estática da linha, a fim de identificar os alvos na catenária.

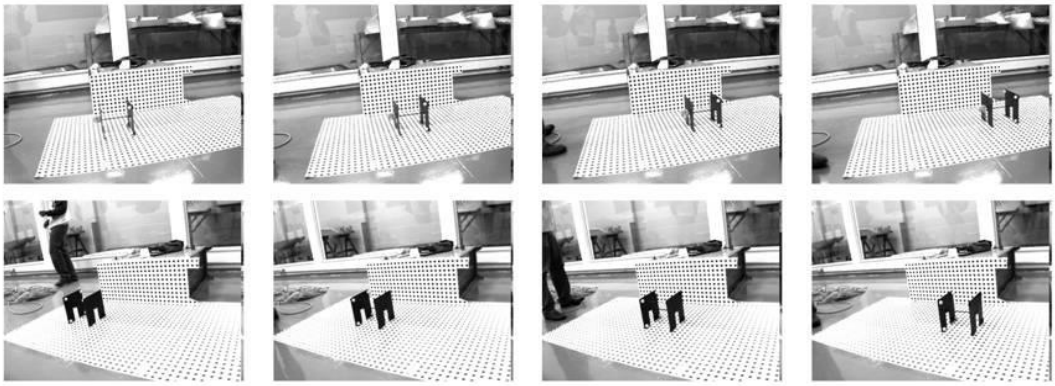


Figura 2.8: Frames de referência do experimento (Cam1 acima, Cam2 abaixo).

A Tabela 2.3 apresenta uma sucinta compilação dos resultados de identificação dos possíveis 32 pontos de controle e 11 alvos.

Tabela 2.3: Alvos e pontos de controle identificados pela rotina numérica

	Pontos de Controle	Alvos
Cam1	27	7
Cam2	16	6

A correta identificação de alvos possibilita que as coordenadas de seus centros de área sejam aproximadas por uma catenária, permitindo a comparação da função obtida, escrita no sistema de referência real, com a abordagem analítica e os resultados provenientes do sistema da Qualisys.

A utilização de duas câmeras representou uma das condições necessárias para aplicação do DLT 3D. Os 13 alvos corretamente identificados, quando representados no sistema de referência do objeto, pertencem a uma mesma catenária, permitindo sua utilização concomitante para a obtenção da função que caracteriza:

$$z_r(x) = 1{,}9175 \cdot cosh(0{,}5215 \cdot x - 0{,}0800) - 1{,}8381$$

O índice "r" utilizado na equação anterior se refere ao resultado obtido pela rotina numérica e os parâmetros calculados por esse método são: a_r = 0,5215, k_r = -1,8381 e C_r = -0,0800.

As figuras a seguir ilustram, respectivamente, a perspectiva dos alvos identificados e suas vistas nos planos yx, xz e xy. Os pontos marcados com um "+" vermelho correspondem à catenária aproximada pelo Método dos Mínimos Quadrados e os "*" em azul os alvos identificados pela rotina confeccionada.

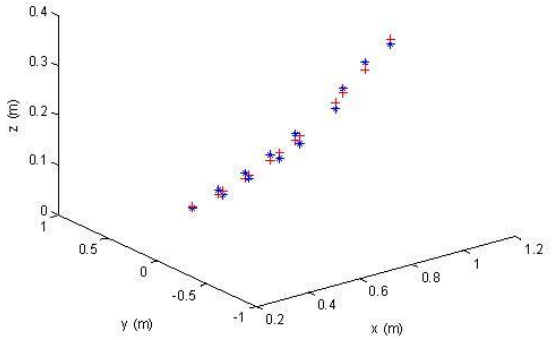


Figura 2.9: Perspectiva dos alvos identificados no Experimento 1.

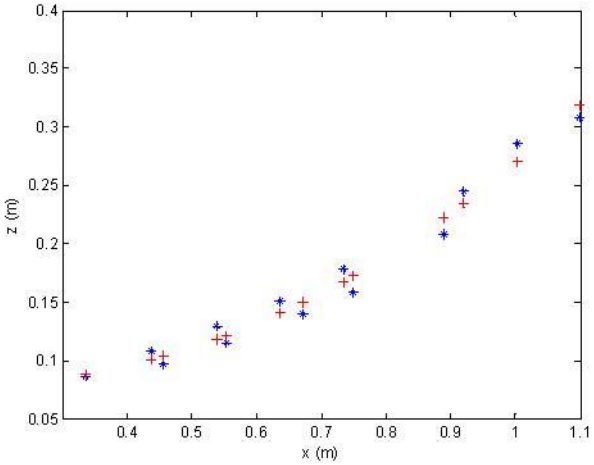


Figura 2.10: Alvos corretamente identificados no experimento, plano xz.

Antes de se proceder às comparações das posições reais dos alvos e aquelas obtidas pelo procedimento computacional via Método DLT, faz-se interessante a visualização do resultado obtido na identificação dos alvos por este último. Como o produto gerado nessa etapa é um

vídeo, apenas alguns de seus frames apresentam-se ilustrados nas figuras Figura 2.11 e Figura 2.12.



Figura 2.11: Sequência de frames mostrando a identificação de alvos no experimento (Cam1).

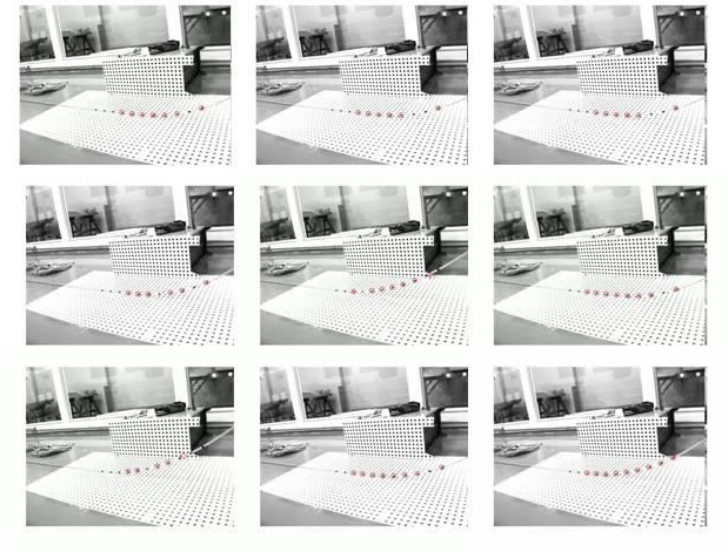


Figura 2.12: Sequência de frames mostrando a identificação de alvos no experimento (Cam2).

Note-se pelas duas figuras citadas anteriormente que, por vezes, a rotina reconhece erroneamente os alvos, confundindo-os com pontos de controle. Tal fato pode ser visto na Figura 2.11 (frames da primeira e segunda linhas, primeira coluna) e na Figura 2.12 (frame da terceira linha, primeira coluna).

A despeito da correta identificação de um grande número de alvos percebida nas referidas ilustrações, o Método DLT apresentou, para este experimento, uma diferença nas coordenadas verticais de até, aproximadamente, 3 cm entre os alvos identificados e a curva obtida pelo Método dos Mínimos Quadrados.

2.1.4 Discussão dos resultados do experimento

Os resultados obtidos até aqui para os chamados parâmetros livres da catenária encontram-se compilados na

Tabela 2.4. A partir dos valores calculados para esses parâmetros é possível perceber a adequação das técnicas da transformação linear direta às condições do ensaio realizado, dado que os resultados dessa análise recuperam com relativa precisão o que era esperado analiticamente.

Os parâmetros constantes na tabela anterior permitem a elaboração da figura a seguir onde estão representadas graficamente as catenárias obtidas em cada uma das abordagens efetuadas.

As compatibilidades identificadas entre os valores dos parâmetros livres calculados analiticamente e através do processamento de imagens sugerem a comparação entre os valores da tração no topo da linha, calculados a partir dessas vertentes, com os resultados advindos da célula de carga.

Tabela 2.4: Valores dos parâmetros livres da linha em catenária do experimento.
Abordagens analítica, sistema Qualisys e processamento de imagens, via DLT.

Abordagem	**a**		**C**	**k**	
Analítica	0,53	**Δ%[4]**	0,00	-1,85	**Δ%**
Qualisys	0,74	-37,5%	-0,45	-1,35	-27,3%
Processamento de imagem	0,52	3,2%	-0,08	-1,83	0,0%

A Tabela 2.2 apresenta o valor dessa tração, calculada a partir das formulações da estática da catenária: 9,82 N, aproximadamente. Além disso, o s dados provenientes da célula de carga indicam que a tração estática no topo da linha, para o presente experimento, apresentou valor médio de (973,1 ± 0,2) gf, ou cerca de 9,54 N. Para esse experimento, os 20 primeiros frames[5] do vídeo gerado correspondem aos instantes anteriores à imposição de movimento no topo da linha e, portanto, foram utilizados para o cálculo da tração naquele ponto. O procedimento realizado foi idêntico ao utilizado para um único frame. Para cada imagem, obtiveram-se as coordenadas dos alvos identificados. A seguir, estes foram aproximados por uma catenária. Utilizaram-se, então, os parâmetros DLT previamente calculados para essas câmeras, a fim de que a equação da linha fosse representada no sistema de coordenadas real.

Esse processo, idêntico ao realizado na seção citada no parágrafo anterior, levou à obtenção de 20 equações de catenárias, uma para cada frame. O equacionamento apresentado no Capítulo 1 possibilitou o cálculo da tração no topo para a estática da linha, cujo valor estimado foi de 10,12 N. Dessa forma, tomando-se como valor de referência a tração no topo obtida por meios analíticos, os resultados advindos da célula de carga apresentaram diferença

[4] Diferença percentual calculada com relação aos resultados da abordagem analítica, apresentada com uma casa decimal. Não é definido para o parâmetro "C" dado seu valor nulo.
[5] A taxa de aquisição das imagens foi de 10 fps (frames por segundo). Assim, esses 20 primeiros frames correspondem aos 2s iniciais do vídeo.

de cerca de 2,9%, enquanto que os provenientes do processamento de imagem diferiram em, aproximadamente, 3,0%.

Este último valor já era esperado dado que a aquisição de imagens pela câmera não permitiu o monitoramento do topo da linha de maneira direta, sendo que a tração calculada para esse ponto da elástica foi obtida a partir da formulação teórica aplicada aos resultados do processamento do vídeo em questão.

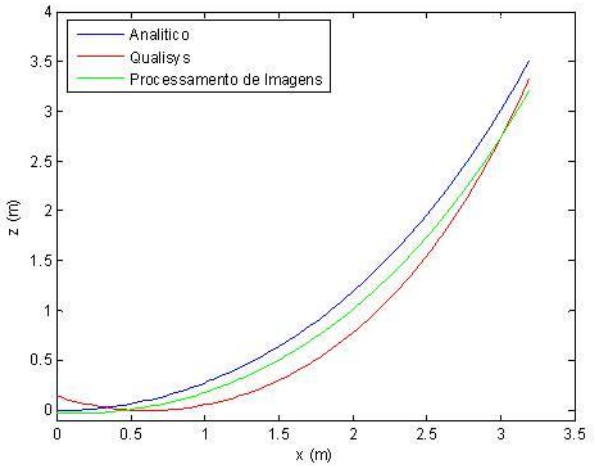


Figura 2.13: Representação gráfica das catenárias obtidas para o Experimento 1, plano xz.

3. CONCLUSÕES

Frente ao que foi exposto, é possível concluir que o Método DLT de calibração de câmeras, associado aos procedimentos clássicos de processamento e análise de imagens, mostrou-se adequado para obtenção das características estáticas de uma linha estática em catenária, nas condições do ensaio realizado. Os demais experimentos realizados terão seus resultados expressos no texto final da presente dissertação, com elaboração prevista para a próxima etapa de trabalho, a ser realizada posteriormente à qualificação.

Cabe ressalvar, entretanto, que a não identificação de todos os alvos pode ter sido um dos fatores responsáveis pelas diferenças observadas. Mais que isto: a identificação positiva não ocorreu sempre para os mesmos alvos, ou seja, aqueles que eram identificados em um frame podiam não mais o ser no seguinte.

A utilização de duas câmeras permite a identificação de movimentos fora do plano xz. Todavia, para a situação estática, a catenária manteve-se confinada nesse plano, conforme esperado. Por isso, as coordenadas y de todos os pontos, em todos os frames, apresentaram valor nulo. Ainda com relação à etapa subsequente deste trabalho, está previsto um ensaio que possibilite avaliar um movimento tridimensional sobre a linha.

PROPOSTA DE SISTEMA DE CUSTEIO PARA UM NAVIO OCEANOGRÁFICO.

Ary Carlos de Oliveira
engenheiroary@gmail.com
Instituto Oceanográfico da USP
Adriana Miralles Schleder
amschleder@gmail.com
Faculdades Integradas de São Paulo

RESUMO

O trabalho apresenta a proposta de um Sistema de Custeio para o navio oceanográfico da Universidade de São Paulo. Tem como objetivo criar ferramentas eficazes para o controle de custos e que auxiliem a gerência na tomada de decisões sobre o processo de operação do navio.

Palavras chaves: Sistemas de custeios, ABC, custeio baseado em atividades, embarcações de serviço.

ABSTRACT

This work tells the implantation of a System Costing in an oceanographical ship of the University of São Paulo. It has as objective to create efficient tools for the control of costs, which assist the management in decisions making on the operation process of the ship.

Words keys: Costing Systems, ABC, Activity Based Costing, workboats.

1 INTRODUÇÃO

O trabalho propõe um sistema de controle de custos operacionais do Navio Oceanográfico (NO) Prof. W. Besnard, embarcação de pesquisas da Universidade de São Paulo (USP), para que os gestores possuam ferramentas de suporte à tomada de decisões sobre itens importantes como: *desperdícios ou gastos indevidos durante a operação do navio; alocação de recursos; tempo ideal de locação do navio a empresas terceiras; planejamento de operações.*

O navio está sob a responsabilidade do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (lO-USP) fundado em 1946 como Instituto Paulista de Oceanografia. Na época de fundação, os objetivos de seus idealizadores apontavam para a necessidade de uma instituição que fornecesse bases científicas à pesca e, numa concepção mais ampla, à exploração de todos os recursos disponíveis ao longo do litoral paulista.

O navio foi construído em 1967 em Bergen, Noruega e suas principais características são: *Comprimento: 49,35 metros; Boca: 9,33 metros de boca; Calado: 4,20 metros; Capacidade de Armazenamento de Combustível: 119.000 litros de óleo diesel; Velocidade de Cruzeiro**:** 12 nós; Autonomia**:** 15 dias de aguada; Tripulação**:** 22 pessoas; Vagas para Pesquisa: 15 pessoas; Equipamentos de: pesquisa, navegação, comunicação.*

1.1 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho foi o de conceber um sistema de custeio que permita um melhor controle dos custos de operação e conseqüentemente ajude na tomada de decisões mais precisas e fundamentadas nas questões gerenciais do instituto.

Os objetivos específicos foram: Levantamento dos custos diretos e indiretos da operação, definição do melhor sistema de alocação dos custos indiretos, confecção de planilhas de custos que forneçam, para os administradores, no mínimo, os seguintes dados: *custos que devem ser rigorosamente controlados; pontos onde o custo real pode ser reduzido; margem de contribuição de cada serviço; visualização das atividades que não agregam ou agregam pouco valor ao serviço; verificação do modo como os recursos são consumidos em cada etapa da operação.*

2 CONCEITOS TEÓRICOS

2.1 Sistemas de custeio

Um sistema de custeio é um conjunto de procedimentos para alocar despesas e custos diretos e indiretos de produção ao custo do produto. Segundo Guerreiro (4) sistema de custeio é o "(...) Conjunto de elementos interdependentes que interagem na consecução de um objetivo comum, coletando, processando e gerando informações derivadas do desempenho das operações". E tem como objetivos gerais a avaliação dos ativos da empresa, apuração dos resultados, análise de rentabilidade, auxílio na formação do preço e planejamento de operações.

2.2. Custeio por Absorção

Custeio por Absorção é o método de custeio derivado da Contabilidade Financeira, onde todos os custos de produção, e somente os de produção, são alocados no produto. É o método aceito para fins fiscais no Brasil, aceito inclusive para efeitos de Imposto de Renda, Balanço Patrimonial e Demonstração de Resultados. Neste método todos os custos de fabricação são passados aos produtos, os diretos e indiretos, variáveis e fixos como podemos notar na definição de Eliseu Martins (2): "*Custeio por absorção é o método derivado da aplicação dos princípios de contabilidade geralmente aceitos (...). Consiste na apropriação de todos os custos de produção aos bens elaborados, e só os de produção. Todos os gastos relativos ao esforço de fabricação são distribuídos para todos os produtos feitos".*

2.3. Custeio Direto

O Custeio Direto é um sistema baseado apenas nos custos variáveis, os custos fixos não são usados na composição do custo de produção. Assim é possível estabelecer relações entre o custo, o volume e a margem de contribuição dos produtos, o que facilita as tomadas de decisão em curto prazo.Porém esse sistema não é aceito para fins de fiscalização.

2.4. Custeio Baseado em Atividades (ABC)

O Custeio ABC (Activity-Based Costing) não é um sistema de custeio que visa substituir os apresentados anteriormente e sim complementá-los, não tem como objetivo calcular custos para fins contábeis e sim auxiliar as empresas na tomada de decisões gerenciais estratégicas.

A necessidade de um método diferenciado para auxiliar na gestão econômica das empresas se deve a mudança do cenário industrial que começou a ocorrer na década de noventa.

Com o avanço da tecnologia as empresas passaram a operar em um mercado onde a competitividade global é muito maior, os mercados exigem lotes cada vez menores e mais específicos e um mix de produtos mais variado. Cenário este que resultou em uma alteração na proporção entre os custos que compõe os produtos. Como podemos verificar nas figuras 1 e 2, houve um crescimento significativo da proporção dos custos indiretos de fabricação (CIF) em relação ao custo total dos produtos.

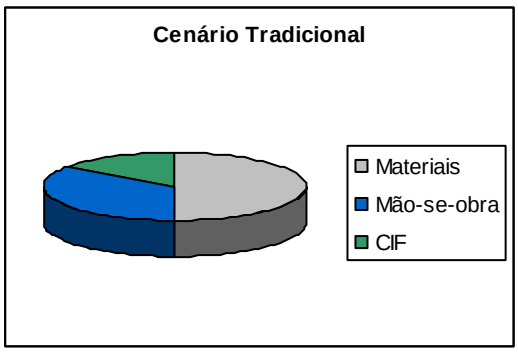


Figura 1. Proporção dos custos de produção em um cenário tradicional

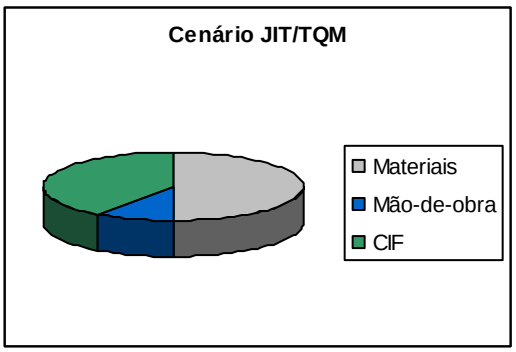


Figura 2. Proporção dos custos de produção em um cenário com a aplicação de técnicas como JIT e TQM

Segundo Nakagawa (6) a mudança de cenário levou as empresas a cada vez mais investir na melhoria da gestão dos negócios, levando a elaboração de novos elementos para o controle de processos. Sendo assim, o ABC comumente é utilizado como suporte do processo JIT (Just in Time) e TQM (Total Quality Management) e como disse Nakagawa (6): "O ABC busca facilitar, na verdade, a implementação de um processo de mudança de atitudes na empresa, ou seja, o ABC deve ser visto como um agente de mudanças para a mente humana". A figura a seguir demonstra de maneira simplificada o controle de processos de acordo com essa nova perspectiva, demonstra como os diferentes setores de uma companhia devem ser bem integrados.

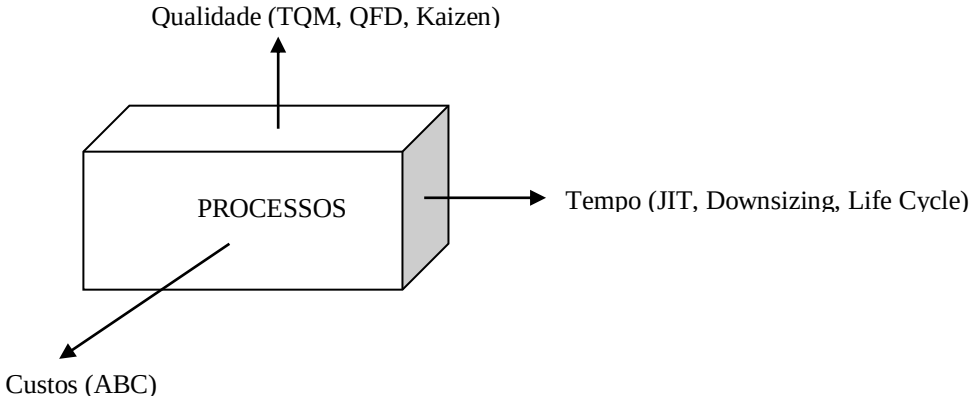


Figura 3. Métricas para controle de processos (6).

O Custeio ABC é um sistema que visa diminuir as distorções geradas pelo rateio dos custos indiretos, alocando de maneira ordenada esses custos, baseando-se nos recursos utilizados pelas atividades envolvidas no processo.

As atividades são, segundo Eliseu Martins (2), "*uma combinação de recursos humanos, materiais, tecnológicos e financeiros para se produzirem bens ou serviços. É composta por um conjunto de tarefas necessárias ao seu desempenho*". É importantíssimo que as atividades fundamentais sejam bem identificadas no início do processo.

Deve-se definir o custo de cada atividade, o qual é composto de todos os sacrifícios financeiros necessários para execução daquela atividade. Os custos devem ser alocados primeiramente por alocação direta, depois por rastreamento e finalmente, caso não seja possível nenhum dos métodos anteriores, por rateio.

A grande diferença entre o custeio ABC e os apresentados anteriormente está no modo como os custos são alocados, como já comentado, este método visa minimizar as distorções geradas pela divisão dos custos indiretos.

Utilizando as propostas de Nakagawa (6), podemos seguir os seguintes passos para implantação do custeio ABC:

I. Identificar as atividades principais e de suporte, através da elaboração de um fluxograma ou de uma árvore funcional.

II. Determinar os recursos utilizados em cada uma das atividades principais. Nesta fase deve-se elaborar uma lista de atividades, incluindo-se as funções e subdivisões da árvore funcional, atribuindo os respectivos custos. Nesta lista mostrará a complexidades das atividades em termos de custo e de número de operações.

III. Determinar os recursos utilizados nas atividades complementares. O mesmo formato de lista usado para as atividades principais deve ser usado.

IV. Determinar os direcionadores. Os direcionadores de custos serão os responsáveis pela forma como os custos serão divididos para as atividades e para os produtos, são as causas diretas dos custos de determinada atividade. Os direcionadores de custos podem ser de dois tipos: direcionadores de custo de primeiro estágio (também chamados de direcionadores de recursos) ou direcionadores de custo de segundo estágio (também chamados de direcionadores de atividades). Os direcionadores de recursos demonstram o modo como os recursos são consumidos pelas atividades, por

exemplo, a quantidade de materiais necessários para a atividade “pagar fornecedores”. Enquanto os direcionadores de atividades demonstram o modo como os produtos consomem as atividades, quanto da atividade “pagar fornecedores” é consumida em cada produto, a razão entre a quantidade de pagamento de fornecedores para cada produto e o total de pagamentos efetuados.

V. Determinar o custo das atividades. Nesta fase, usando-se os direcionadores de recursos, os custos são alocados nas atividades.

VI. Determinar o custo dos produtos. Nesta fase, usando-se os direcionadores de atividades, os custos são alocados aos produtos.

3 PROCEDIMENTOS

3.1 Descrição do problema.

Atualmente o navio W. Besnard trabalha em três tipos de operações: *viagens para pesquisas solicitadas por empresas comerciais, viagens para aulas práticas para alunos da USP e viagens para pesquisas dos professores da Universidade.*

Não existem ferramentas que forneçam dados claros sobre como os recursos são aplicados durante a operação do navio. Tornou-se necessário um mapeamento dos custos de operação para que as tomadas de decisão sejam feitas com um embasamento sólido, podendo-se verificar quais os custos e qual a margem de contribuição de cada um dos tipos de operação, possibilitando assim que seja definido, da melhor maneira, como e em que proporção os tipos de operação devem ser executados.

3.2. Analise do problema

Será necessário o levantamento dos custos diretos e indiretos de operação do navio. Para obtermos os dados esperados usaremos o Sistema de Custeio ABC.

O ABC nos permite visualizar todo o processo necessário para a operação de navio, portanto, além de ser uma ferramenta de controle de custos, vai servir para mapearmos o processo, definir a maneira como as atividades são executadas, criar ferramentas não apenas para o controle de custos, mas também para o controle de qualidade. Cada uma das fases, descritas posteriormente, da elaboração do sistema de custeio contribuirão para que os gestores tenham uma visão mais clara do processo.

3.2.1 Análise funcional

O primeiro passo foi a elaboração de um fluxograma para que se pudesse visualizar todas as etapas necessárias para que a operação do navio. Foram identificadas as atividades principais como mostrado na figura 4. Baseando-se no fluxograma foram criadas as árvores funcionais das atividades, onde é possível visualizar diversos níveis de análise, possibilitando assim a observação clara das etapas do processo.

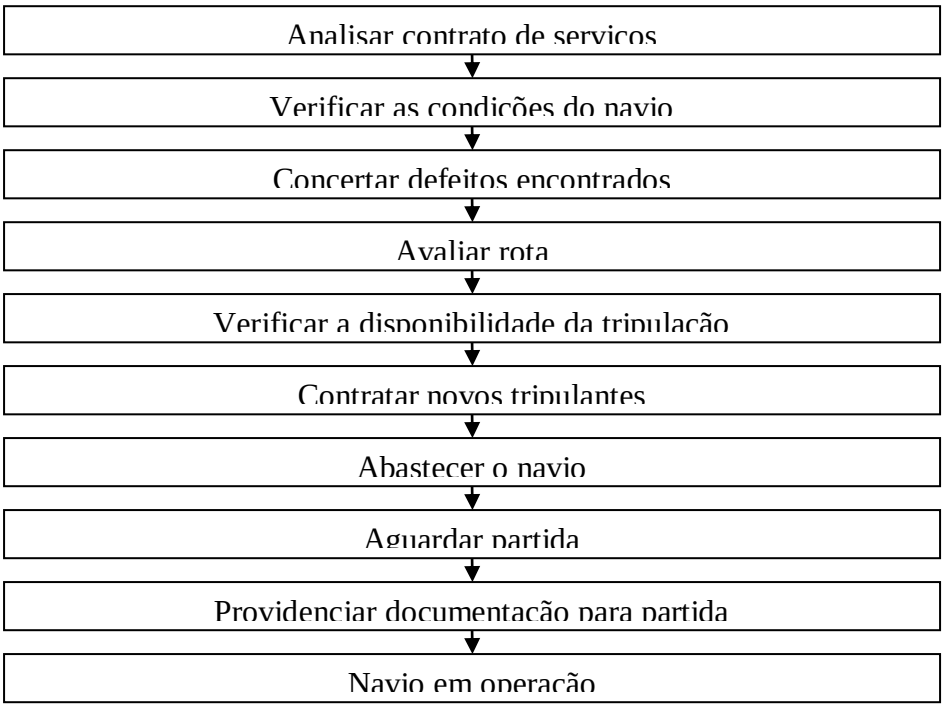


Figura 4. Fluxograma do processo.

3.2.2 Lista de Atividades e direcionadores de recursos.

A partir da árvore funcional, foi elaborada uma lista de atividades e escolhidos os direcionadores de recursos. Os direcionadores de recursos foram escolhidos de acordo com a natureza de cada atividade, eles demonstram como os recursos são consumidos pelas atividades.

Tabela 1 – As atividades e seus direcionadores.

Atividades	**Descrição das atividades**	**Direcionadores de recursos**	**Recursos consumidos**
A	Analisar contrato de serviços	Tempo de análise	MO

B	Verificar as condições do navio (sistemas elétricos, motor e sistema de águas)	Tempo de análise	MO
C	Consertar os defeitos encontrados		
C1	Requisitar material para conserto	Ordens de pedido	Material
C2	Efetuar o conserto	Nº de horas trabalhadas	MO
D	Avaliar a rota	Tempo de análise	MO
E	Verificar a disponibilidade da tripulação	Nº de horas trabalhadas	MO, treinamento.
F	Contratar novos tripulantes	Quantidade contratada	Salários e impostos.
G	Abastecer o navio		Transporte.
H	Aguardar partida	Nº de dias em espera	MO, taxas do porto, água, luz, lixo, esgotamento da cisterna, lavanderia, alimentação e água potável.
I	Providenciar documentação para partida	Nº de dias do período	MO, taxas e autorizações, classificação DNV, Seguro e Anvisa.
J	Navio em operação		
J1	Operar o navio	Nº de dias em operação	MO, alimentação, esgotamento da cisterna, lixo e lavanderia, material de camara, equipamentos e material de cozinha, água.
J2	Efetuar pesquisas	nº de dias trabalhados	MO.
J3	Usar porto como base	Nº de dias parados	Taxas, luz, água, esgotamento da cisterna, lixo, serviço de comunicação e lavanderia.
J4	Apoio operacional de terra	Nº de dias do período	MO
J5	Manter a navegação	Nº de dias em operação	Combustível e serviço de comunicação.
J6	Fazer manutenção	Nº de dias do período	Equipamentos e manutenção do ar condicionado, docagem, marcenaria, carpintaria, hidráulica, lubrificantes e óleo hidráulico, material de consumo.

J7	Repor equipamentos	Nº de dias do período	Salvatagem, eq de convés, eq de laboratórios, eq de navegação, eq de comunicação, eq de combate à incêndios e EPIs, eq mecânicos.

3.2.3 Custo das Atividades

Os custos de operação foram levantados conforme apresentado na tabela 2. Seus valores foram adquiridos em documentos armazenados no IO-USP e estimativas baseadas nos valores gastos no último ano, sendo estes levantamentos feitos em valores por dia.

Tabela 2 – Custos dos recursos.

	Recursos	**R$/mês**	**R$/dia**
Pessoal	Salários e benefícios da tripulação	A_1	B_1
	Agenciamento	A_2	B_2
	Mão de obra de apoio	A_3	B_3
	Treinamento	A_4	B_4
	Despesas com funcionários temporários	A_5	B_5
Entidades	Classificação DNV	A_6	B_6
	Seguro	A_7	B_7
	Anvisa - certificados de "Livre Prática" e "Desratização"	A_8	B_8
Cais	Retirada de lixo de bordo	A_9	B_9
	Ocupação do cais (exceto em Santos)	A_{10}	B_{10}
	Esgotamento da cisterna de dejetos sanitários	A_{11}	B_{11}
	Consumo de água	A_{12}	B_{12}
	Consumo de energia elétrica	A_{13}	B_{13}
	Transporte de insumos ao navio	A_{14}	B_{14}
elar	Rancho	A_{15}	B_{15}
	Lavanderia	A_{16}	B_{16}
	Água potável	A_{17}	B_{17}
	Serviço de comunicação	A_{18}	B_{18}
Seg	Equipamentos de combate à incêndio e EPIs	A_{19}	B_{19}
	Salvatagem	A_{20}	B_{20}
utenç	Reposição de materiais de câmara, de cozinha e de equipamentos	A_{21}	B_{21}

	Material de consumo (mat elétrico, mat hidráulico, cabos, tintas)	A_{22}	B_{22}
	Trapos, estopas, etc.	A_{23}	B_{23}
	Lubrificantes e óleo hidráulico	A_{24}	B_{24}
	Combustível	A_{25}	B_{25}
	Manutenção dos motores (seis)	A_{26}	B_{26}
	Manutenção de equipamentos mecânicos	A_{27}	B_{27}
	Manutenção e equipamentos do ar condicionado	A_{28}	B_{28}
	Manutenção e equipamentos de convés	A_{29}	B_{29}
	Manutenção e equipamentos científicos e de laboratórios	A_{30}	B_{30}
	Manutenção e equipamentos de navegação	A_{31}	B_{31}
	Manutenção e reposição de equipamentos de comunicação e informática	A_{32}	B_{32}
	Manutenção de marcenaria e carpintaria	A_{33}	B_{33}
Previsão	Docagem	A_{34}	B_{34}
	Provisionamento para troca do motor principal	A_{35}	B_{35}
	Provisionamento para troca dos motores auxiliares	A_{36}	B_{36}
	Depreciação	A_{37}	B_{37}
	Despesas extraordinárias	A_{38}	B_{38}
	Total	A	B

Tabela 3 – Taxa de uso Ass. Tec. Apoio Logístico.

Ass. Tec. Apoio Logístico		
Atividades		**Taxa**
A	Analisar contrato de serviços	20,00%
G1	Abastecimento de víveres	4,00%
G2	Abastecimento de água	3,00%
G3	Abastecimento de óleo	3,00%
J4	Apoio operacional de terra	70,00%

O uso do recurso mão de obra foi dividido de acordo com a quantidade de horas trabalhadas em cada atividade, conforme os direcionadores escolhidos mostrados na tabela 3. As taxas de uso foram tabeladas para cada função. Na tabela 3 podemos verificar como exemplo, as taxas da Assistência Técnica e Apoio Logístico:

O mesmo critério foi usado para divisão dos gastos com transporte dos produtos para abastecimento do navio. Além do levantamento das taxas dos direcionadores relacionados à mão de obra também foi feito um levantamento dos percentuais usados do outros direcionadores como apresentado na tabela 4.

Tabela 4 – Taxa de uso dos direcionadores de recursos.

Atividades	Direcionadores de recursos	Taxa (%)	Quantidade do direcionador
A	tempo de análise	20	6
B	tempo de análise	2,5	0,75
C			
C1	ordens de pedido	100	1
C2	nº de horas trabalhadas	2,5	0,75
D	tempo de análise	30	9
E	nº de horas trabalhadas	10	3
F	quantidade contratada	100	0
G	Abastecer o navio	100	30
H	nº de dias em espera	10	3
I	nº de dias do período	100	30
J			
J1	nº de dias trabalhados	80	24
J2	nº de dias trabalhados	80	24
J3	nº de dias parados	10	3
J4	nº de dias trabalhados	70	21
J5	nº de dias em operação	80	24
J6	nº de dias do período	100	30
J7	nº de dias do período	100	30
Obs.: Quantidades calculadas para um período de 30 dias com 3 dias de preparo para a partida, 24 em operação e 3 para manutenção e reabastecimento no porto.			

Baseando-se nas tabelas anteriores já é possível calcular os custos de cada atividade. Verifica-se o quanto de cada direcionador foi usado em cada atividade e então se calcula o valor de cada atividade. Escolhemos como exemplo a atividade "*Usar porto como base*", cujo cálculo foi efetuado da seguinte maneira:

$$C = d_1.r_1 + d_2.r_2 + \ldots + d_n.r_n$$

Onde: ***C*** é o *Custo da atividade;* d_1 *- quantidade do direcionador 1;* d_2 *– quantidade do direcionador 2;* r_1 *– custo do recurso 1;* r_2 *– custo do recurso 2.*

Então, para essa atividade temos:

C= (quantidade do direcionador da atividade J3 na tab. 14)(valores dos recursos usados pela atividade J3 conforme tab. 3 e 4), sendo:*

- *Consumo de energia elétrica:* B_{13}
- *Consumo de água:* B_{12}
- *Esgotamento da cisterna:* B_{11}
- *Retirada de lixo:* B_9
- *Salvatagem:* B_{20}
- *Lavanderia:* B_{16}
- $C = 3.(B_{13} + B_{12} + B_{11} + B_9 + B_{20} + B_{16})$

Nesta equação o numero três (3) no lado externo dos parênteses significa o numero de dias em que a embarcação permanece no porto.

Repetindo-se esse raciocínio para cada uma das atividades, chega-se ao custo por atividade, conforme tabela 5.

Esse resultado permite uma análise do processo de operação do navio mostrando em quais etapas do processo são gastos os recursos. Desta forma é possível reduzir ou até mesmo eliminar as atividades que não agregam valor ao processo. Essa análise funcional pode ser associada ao um sistema de mensuração de custos da qualidade para ter resultados mais eficazes.

O próximo passo da implantação do sistema de custeio ABC é a escolha de direcionadores de atividades. Os direcionadores de atividades devem demonstrar como cada "produto" final (no nosso caso tipo de serviço) consome cada atividade.

Tabela 5 – Custos por atividades.

Atividades	**Descrição das atividades**	**Custos**
A	Analisar contrato de serviços	C_1

B	Verificar as condições do navio (sistemas elétricos, motor e sistema de águas)	C_2
C	Consertar os defeitos encontrados	C_3
C1	• Requisitar material para conserto	C_4
C2	• Efetuar o concerto	C_5
D	Avaliar a rota	C_6
E	Verificar a disponibilidade da tripulação	C_7
F	Contratar de novos tripulantes	C_8
G	Abastecer o navio	C_9
H	Aguardar partida	C_{10}
I	Providenciar documentação para partida	C_{11}
J	Navio em operação	C_{12}
J1	• Operar o navio	C_{13}
J2	• Efetuar pesquisas	C_{14}
J3	• Usar porto como base	C_{15}
J4	• Apoio operacional de terra	C_{16}
J5	• Manter a navegação	C_{17}
J6	• Fazer manutenção	C_{18}
J7	• Repor equipamentos	C_{19}
Total dos custos das atividades:		C_T

Essa fase é relativamente simples no nosso estudo, pois o navio faz apenas três tipos de viagens: as viagens para pesquisas dos professores da própria USP, as aulas embarcadas e viagens quando locado para empresas privadas. Essas viagens consomem as atividades de maneira muito semelhante. Por tanto teremos um único direcionador de atividades cuja taxa de uso é de cem por cento. Sendo o custo total de operação do navio igual ao custo total das atividades obtido na tabela 15. Caso existam mudanças nos tipos de viagens efetuadas pelo navio, esse direcionador deverá ser revisto.

3.3 Soluções propostas

Os dados trabalhados até esse momento propiciaram a criação de uma planilha principal, a qual fornece o custo total de operação do navio e o custo de cada atividade, e planilhas auxiliares que alimentam a principal, onde os custos dos recursos podem ser atualizados de maneira prática,

para que o custo de operação possa ser calculado de maneira eficaz e rápida. As planilhas possuem vínculos que são atualizados a cada alteração, de maneira que cada setor pode alimentá-las com as informações em seu poder, facilitando assim a integração entre os vários envolvidos na operação. O responsável pelo gerenciamento tem as informações acessíveis sem a necessidade de encontrar fisicamente todos os envolvidos. Foi escolhido o uso do Microsoft Excel, por ser uma ferramenta de fácil uso e já disponível no IO-USP. Já existem softwares específicos para controle de custos, porém de alto custo.

4 CONCLUSÕES

Durante este trabalho foram usadas técnicas do sistema de custeio ABC para a elaboração de planilhas de controle de custos que servissem como ferramentas para tomadas de decisão da gerência do IO-USP. Essas ferramentas não fornecem apenas informações sobre o quanto está sendo gasto, mas também sobre como os recursos são consumidos.

O maior desafio foi a escolha dos direcionadores de recursos, pois era necessário que eles representassem da maneira mais precisa possível o consumo dos recursos pelas atividades. E que, além disso, fossem mensuráveis facilmente. O levantamento dos direcionadores e de suas taxas de uso também serviu para demonstrar que a organização necessita de ferramentas de controle mais precisas. Pois tão importantes quanto as informações finais obtidas pelo sistema são as informações que alimentam o mesmo

Espera-se com esse trabalho que tenha sido elaborada uma ferramenta prática e eficaz para o controle de custos, mas principalmente que se tenha criado uma consciência de que existe uma necessidade de um controle eficaz do processo, unindo-se controle de custos, de tempo e de qualidade. A mudança cultural na instituição é o ponto fundamental para o sucesso do processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] VANDERBECK, Edward J..**Contabilidade de Custos.** 11ª Edição. São Paulo: Thomson, 2001.

[2] MARTINS, Elizeu. **Contabilidade de Custos**. 9ª edição. São Paulo: Atlas, 2003.

[3] ATKINSON, Anthony A. **Contabilidade Gerencial.** 1ª edição. São Paulo: Atlas, 2000.

[4]GUERREIRO, Reinaldo. **Sistema de custo direto padrão: estruturação e processamento integrado com os princípios de contabilidade geralmente aceitos.** Dissertação de mestrado em contabilidade – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1984.

[5] NEVES, Adalberto Ferreira das. **Sistemas de apuração de custo industrial**. 2ª edição. São Paulo: Atlas, 1981.

[6] NAKAGAWA, Masayuki. **ABC: custeio baseado em atividades.** 5 edição. São Paulo: Atlas, 1994.

[7] OAKLAND, Jonh. **Gerenciamento da qualidade total TQM.** 4ª edição. São Paulo: Nobel, 2007.

[8] DURAN, Orlando. RADAELLI, Lucas. **Metodologia ABC: Implantação numa microempresa.** São Paulo: Universidade de Passo Fundo, 2000.

[9] DUTRA, René Gomes. **Custos: uma abordagem prática.** 5ª Edição. São Paulo: Atlas, 2003.

[10] ROTGER, Adriana. **Notas de Aula de Contabilidade Gerencial.** FISP-UniFMU**;** São Paulo: 2007.

[11] COGAN, Samuel. **Activity-based Costing (ABC): a poderosa estratégia empresarial**. 5ª edição. São Paulo: Pioneira, 2000.

[12] **www.io.usp.br**, site oficial do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo acessada em 15 de agosto de 2008.

Modelo para Seleção de Cargas no Transporte Marítimo de Contêineres

Tiffany Hashiba – tiffany.hashiba@gestaonaval.org.br
Érico Nunes – erico.nunes@poli.usp.br
Renata Ueda – renata.ueda@gmail.com
Edvilton Galante – edvilton_galante@hotmail.com
Marco Antonio Brinati – mabrinati@usp.br

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia Naval e Oceânica

RESUMO

Empresas de navegação, que operam rotas *liner*, lidam continuamente com o problema da programação das cargas que devem ser transportadas por sua frota, a fim de maximizar seu lucro. Nestas empresas, há uma tendência de que a programação seja feita de modo míope, em que cada porto da rota faz a seleção dos clientes de forma a maximizar sua receita local, mas em detrimento de um resultado ótimo global.

Outra abordagem é utilizar uma visão sistêmica e de longo prazo da operação na rota. As decisões devem ser baseadas não apenas na receita, mas também nos custos variáveis envolvidos no transporte e armazenagem das cargas. Ademais, deve ser considerado o reposicionamento tático de contêineres vazios, o que representa um custo no curto prazo, mas que alimenta a cadeia logística evitando a perda de clientes potenciais por falta de equipamento disponível.

Tendo em vista o problema descrito, o objetivo deste trabalho foi desenvolver uma ferramenta de apoio à decisão para uma empresa de navegação operando numa rota *liner*, de forma a determinar a cartela de clientes e cargas ótima num horizonte de planejamento. Para tanto, foi desenvolvido um modelo de programação linear da rota com os portos, clientes, navios e estoques representando as restrições do sistema e os fluxos de contêineres cheios e vazios sendo as variáveis de decisão.

O modelo, desenvolvido no *software* GAMS, foi utilizado para estudar uma rota *liner* real, utilizando dados de um trabalho precedente para a construção de um cenário base. Além deste, foram criados cenários hipotéticos para avaliar o comportamento do modelo e, pela

análise seus resultados de seleção de cargas e reposicionamento tático de contêineres vazios, este se mostrou consistente como ferramenta de planejamento.

ABSTRACT

Shipping companies operating liner routes have to deal continuously with the problem of scheduling the cargo, in order to maximizing profit. In such companies, there is a tendency for the scheduling to be done in a ¨myopic¨ way, in which, each port selects the cargo aiming the maximization of revenue performed immediately, in detriment of an optimal global result.

Another way to tackle the problem is by having a systemic and long term vision of the route operation: decisions must not be based only upon the immediate revenue, but also upon the variable costs involved at cargo transportation and storage. Furthermore, tactical repositioning of empty containers must be considered: even though representing costs in the short term, it feeds the logistics chain, avoid the loss of clients for the lack of available equipment.

Having in mind the presented issue, the main purpose of this project is to develop a decision support tool, intended for a shipping company, operating a liner route, to determine the optimum set of clients in a planning horizon. A linear programming model of the route was developed, with ports, clients, ships and storages, which represent the constraints of the system, and the flows of stuffed and empty containers being the decision variables.

The model was built on the software GAMS and then tested for a real liner route, using data from a preceding project to build the base scenario. Beyond this scenario, the model was tested with hypothetical scenarios in order to evaluate its behavior and, by analyzing the results of selected cargo and tactical repositioning of empty containers, it has proved itself to be consistency as a planning tool.

1. Introdução

Esta seção apresenta uma breve descrição do problema da seleção de cargas integrada ao reposicionamento tático de contêineres vazios, que é o próprio objeto deste estudo, seguida da definição do objetivo do trabalho. Em seguida, é feita uma revisão da bibliografia utilizada e por fim é apresentado o delineamento do estudo.

1.1. Descrição do Problema

Segundo a *United Nations Conference on Trade and Development* (UNCTAD), o transporte marítimo é o principal meio de movimentação de cargas de longo curso e, em 2007, representou cerca de 80% do volume e 70% do valor do comércio internacional. O contêiner tem papel fundamental neste cenário, já que cargas contêinerizadas representam cerca de 31% da movimentação total de cargas de longo curso, conforme informa a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ).

As diversas empresas de navegação existentes oferecem serviços no transporte marítimo de cargas em contêineres, responsabilizando-se pelo transporte multimodal porta-a-porta[1] e sendo as detentoras dos navios e dos contêineres. Ao ser contratada para realizar o transporte de uma carga, a empresa deve fornecer ao cliente o contêiner para estufagem[2]. Caso não disponha de contêineres vazios no local e no momento em que há a demanda, ela deve realizar o reposicionamento a partir de outros portos ou *leasing*, de forma a não perder o cliente por falta de equipamento disponível.

O desbalanceamento na disponibilidade de contêineres vazios interfere no planejamento de todos os agentes envolvidos no transporte de cargas, sendo gerado naturalmente pelos diferentes perfis de demanda nos portos da rota. Analisando a movimentação de contêineres cheios no porto de Santos em 2007, constatou-se que a quantidade de cargas exportadas, em número de contêineres, é muito maior que a quantidade de cargas que chegam ao país através de importação – foram embarcados 315.715 contêineres de 40 pés, enquanto somente 254.648 foram desembarcados.

Assim, para manter o sincronismo entre oferta e demanda de contêineres, torna-se necessário o planejamento da realocação de contêineres vazios integrado à seleção de cargas para o transporte. No entanto, o corrente nas empresas de navegação é priorizar somente o planejamento do transporte de cargas, pois o transporte de contêineres vazios é uma operação que envolve somente custos, sem geração direta de nenhuma receita. Por tais motivos, neste trabalho foi estudado o planejamento e gerenciamento dos contêineres vazios integrado ao planejamento do transporte de cargas.

---

[1] Serviço *door-to-door*: serviço em que a transportadora se responsabiliza pelo deslocamento da carga contratada desde o endereço de seu fornecedor até seu destinatário.

[2] O termo "estufagem" de contêiner significa o procedimento de carregar, de encher o contêiner com a mercadoria a ser transportada. Uma terminologia também muito utilizada no transporte internacional, que pode aparecer como sinônimo para estufagem é "ova", que possui o mesmo significado.

1.2. Objetivo do Trabalho

O objetivo do estudo foi desenvolver uma Ferramenta de Apoio à Decisão em nível tático, para o planejamento do transporte de cargas integrado à definição do reposicionamento de contêineres vazios para uma rota *liner*. Esta ferramenta define simultaneamente a cartela de clientes, o volume de cargas a ser atendido em cada porto e a quantidade de contêineres vazios a serem reposicionados, de modo a maximizar a margem de contribuição[3] da empresa dentro de um horizonte de planejamento.

1.3. Revisão Bibliográfica

BARCO (1998) aborda a questão da logística reversa de uma empresa de navegação, que consiste no processo logístico de retirar produtos de seu ponto inicial na cadeia de suprimento, como devoluções de clientes ou inventário excedente, e redistribuí-los usando regras de gerenciamento dos materiais. Foi desenvolvido um modelo de programação linear para determinação da configuração ótima de reposicionamento de contêineres vazios, segundo seu custo nesta situação, para todas as rotas da empresa.

O modelo atende a necessidade de um armador por uma ferramenta de apoio à decisão em nível operacional, determinando a quantidade ótima de contêineres vazios a ser reposicionada. O modelo é alimentado com previsões de estoque de contêineres vazios nos diversos portos, para determinar os pontos de demanda e de oferta de contêineres.

Conhecendo-se a programação dos navios e as previsões da demanda por contêineres vazios, determina-se a quantidade exata de contêineres vazios a ser transportada, de modo a minimizar o custo total da logística reversa.

O autor utilizou dados reais da empresa Hamburg Süd, permitindo que fosse utilizado no planejamento operacional desta empresa posteriormente, reduzindo os custos da logística reversa e garantindo que não houvesse perda de cargas por falta de equipamentos disponíveis para embarcá-las.

REZENDE (2003) cria um modelo de otimização do planejamento logístico que auxilia a programar o reposicionamento e *leasing* de contêineres vazios. A principal diferença entre o modelo de REZENDE (2003) e de BARCO (1998) é o tratamento dos navios com dupla passagem por um porto como navios únicos. Este modelo foi validado através dos mesmos

[3] Margem de contribuição - é o resultado de uma empresa, após a dedução dos respectivos custos e despesas variáveis, exclusivamente.

dados obtidos no trabalho de BARCO (1998), entretanto, não houve comparação posterior dos resultados dos dois trabalhos.

COSTA (2006) desenvolveu um Sistema de Apoio à Decisão (SADE), baseado num modelo de programação linear que maximiza a margem de contribuição do transporte num horizonte de planejamento, auxiliando no planejamento tático da empresa de navegação. Neste estudo, utilizou-se margem de contribuição em detrimento de lucro, dada a dificuldade de obter os reais custos fixos relacionados às operações de transporte. Seu trabalho tem enfoque em uma única rota, também da empresa Hamburg Süd.

Foram utilizadas informações como as demandas totais pelo transporte de carga, a disponibilidade de contêineres vazios, bem como a estocagem de cargas em cada porto, a capacidade dos navios e as restrições operacionais e de participação por tipo de carga. O modelo foi aplicado a uma rota Brasil – Europa[4]. Testaram-se diferentes cenários, buscando avaliar como a participação de certas cargas, as restrições operacionais e a logística do contêiner vazio impactam no plano de negócios da empresa.

COSTA (2006) evidencia a aderência do modelo à realidade, através de testes com diversos cenários, e ressalta a importância da logística de contêineres vazios na programação da empresa.

SOUZA (2001) analisa os procedimentos operacionais de alocação de contêineres em relação às demandas e ao fluxo de informações de uma empresa de navegação. Foram criados três modelos de otimização distintos: um heurístico, seguindo as mesmas considerações do procedimento-padrão da empresa de navegação; um modelo guloso, que aloca a maior quantidade de contêineres possível nos arcos de menores custos; e um modelo de alocação utilizando o algoritmo *Out-of-Kilter*, desenvolvido inicialmente para resolver o problema do remanejamento de vagões vazios na linha ferroviária.

Na comparação dos custos envolvidos em cada modelo, o modelo guloso de alocação de contêineres vazios obteve o custo mínimo. O autor observa que é um modelo a ser refinado já que enxerga somente períodos subseqüentes, ao invés do horizonte como um todo.

Com foco no nível operacional da ferramenta de apoio à decisão, ROBORTELLA e PINHEIRO (2007) desenvolveram um modelo baseado em COSTA (2006), no qual se utilizaram dados mais atualizados e uma discretização de tempo mais refinada, em semanas. Devido ao refinamento da discretização do tempo, alguns problemas computacionais

[4] Esta rota contempla 5 portos em cada continente, em um ciclo de 12 meses.

ocorreram no decorrer do projeto, que demonstraram o limite de capacidade de processamento do *software* utilizado e a necessidade de computadores mais potentes para as simulações.

NOBRE (2006) abordou a gestão logística do contêiner vazio. Foi realizado um estudo de caso com quatro armadores, gerando resultados qualitativos que verificam a importância da gestão logística para a reformulação de estratégias de geração de receitas e custos.

O autor constatou que as receitas não são atreladas somente à venda e à realização de transportes, mas também à produtividade dos contêineres. Os armadores buscam a maior rotatividade de carga por contêiner em cada período.

1.4. Delineamento do Trabalho

Na Seção 2 é descrita a rota estudada neste trabalho, dando suas principais características e definindo os agentes do modelo. Em seguida é apresentado o modelo matemático de maneira sintética, definindo suas variáveis principais, dentre as quais é dada atenção à Margem de Contribuição, que é a Função Objetivo do modelo.

Na seção 3 são apresentados três cenários que foram testados utilizando o modelo com seus resultados analisados: Cenário Base, Alteração da Capacidade dos Navios e Alteração da Fração de Atendimento Máxima da Demanda

Na seção 4 é feita a conclusão do estudo, seguida da bibliografia na seção 5.

2. Descrição da Rota e Modelagem Matemática

Foi selecionada uma rota real Brasil – Europa, atendida pela empresa Hamburg Sud. Esta rota atende a 10 portos, em uma rota cíclica, com duas passagens pelo porto de Santos por ciclo. A unidade de discretização do tempo adotada foi uma semana (sete dias corridos). Nesta configuração do modelo, cada ciclo tem duração de 5 semanas e o horizonte de planejamento é composto por 48 semanas, porém, o algoritmo desenvolvido tem a flexibilidade para outras configurações e horizontes de planejamento.

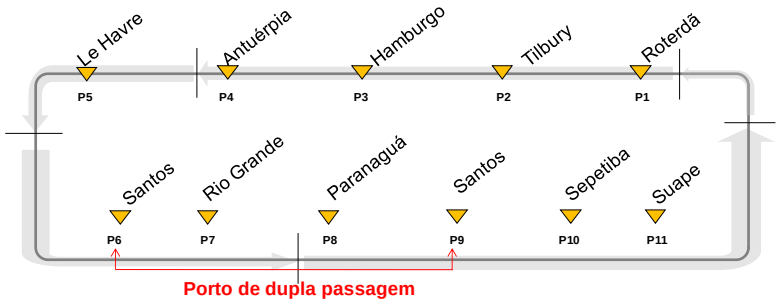


Figura 1: Portos contemplados pela rota Brasil - Europa estudada

Cada porto possui um estoque de contêineres cheios, cujo custo de armazenagem depende do tipo de contêiner, e um estoque de contêineres vazios limitada inicialmente a 1.000 TEU's[5]. Os portos possuem entidades denominadas clientes de importação e exportação, que representam, respectivamente, o destino dos contêineres desembarcados e a origem dos contêineres embarcados. Foi considerada uma taxa de retorno dos contêineres enviados e recebidos pelos portos de seus clientes de importação e exportação baseado nos dados de COSTA (2006).

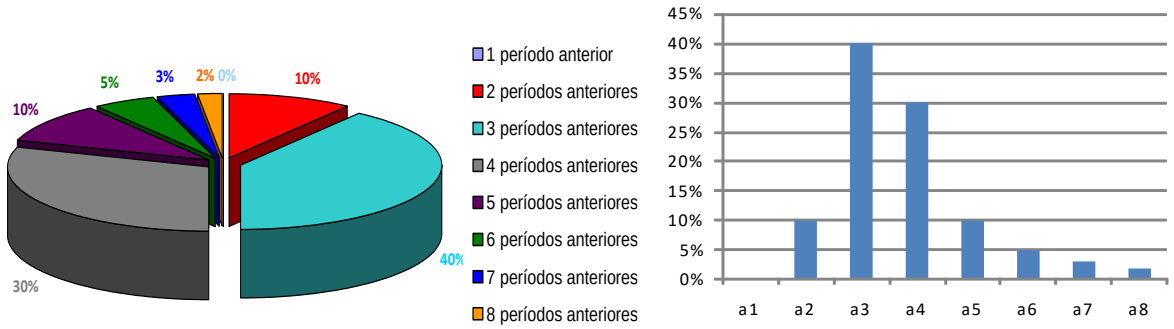


Figura 2: Taxas de retorno do contêiner enviado para desova ou estufagem

Com relação aos dados de entrada, utilizou-se a contribuição de ROBERTELLA e PINHEIRO (2007). Baseado neste trabalho foi identificada a demanda por transporte de cargas conteinerizadas e agregada por tipo de carga e seu respectivo arco de origem-destino. Não foi feita a distinção por tipo de clientes[6]. A fração de mercado possível de ser atendida pela empresa de navegação em questão pode variar entre 0 a 100%.

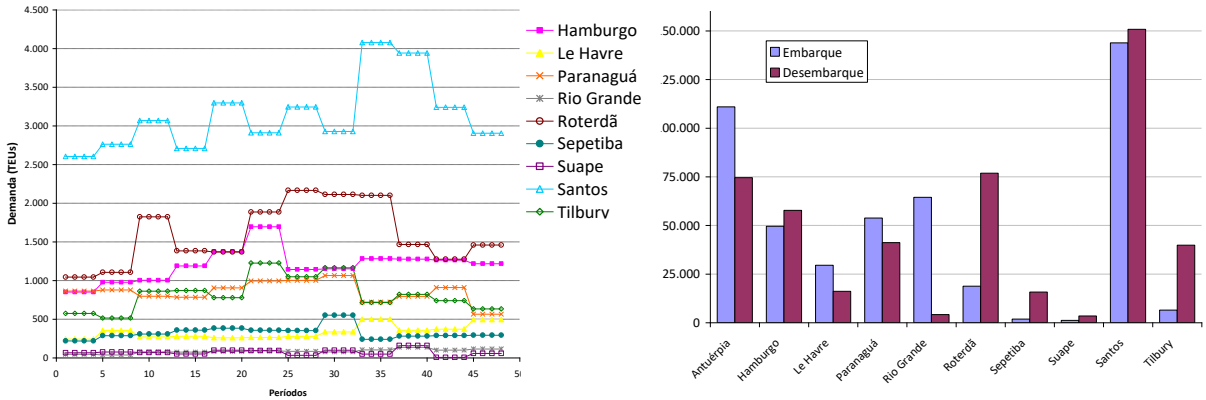


Figura 3: Perfil da demanda por transporte de cargas conteinerizadas

A frota de navios é composta por 5 unidades, com capacidade de 2.220 TEUs e 31.000t, limitada a 500 tomadas para contêineres refrigerados e 600 contêineres de 40 pés.

[5] TEU (*twenty equivalent units)*: unidade de medida de volume de contêiner. Refere-se ao volume de um contêiner de 20 pés.

[6] Para uma mesma carga é possível haver vários clientes, como abordam ROBORTELLA e PINHEIRO (2007).

2.1. Modelo Matemático

O modelo matemático é composto por uma função objetivo, variáveis de decisão e auxiliares, restrições de capacidade e índices de desempenho.

Função objetivo	Margem de Contribuição (MC) = Receita total (RT) – Custos variáveis totais (CV)
Variáveis de decisão	Fluxo de contêineres cheios (FC) e vazios (FV) movimentados
Variáveis auxiliares	• Fluxo de movimentação de contêineres cheios provenientes do cliente de exportação (FCCE) • Fluxo de movimentação de contêineres vazios do cliente de importação (FVCI)
Restrições de capacidade	• Dos navios (tamanho tipo e peso dos contêineres) • Dos estoques de contêineres vazios
Índices de desempenho	Taxa de ocupação dos navios, fração de mercado atendido, dimensão da frota de contêineres necessários, giro de contêineres

Figura 4: Componentes do modelo matemático

A receita total é proveniente das tarifas de frete recolhidas pela empresa de navegação. Os custos variáveis totais referem-se à movimentação de embarque e desembarque dos contêineres nos portos e ao custo de estoque dos contêineres cheios[7]. Os custos fixos não foram considerados pelo fato de não influenciarem a seleção de cargas a serem transportadas nem o reposicionamento dos contêineres vazios.

3. Resultados

3.1. Cenário 1: Base

As cargas movimentadas no cenário base geraram uma receita total de aproximadamente 294 milhões de reais e um custo total de 62 milhões de reais, e uma margem de contribuição de 232 milhões. A frota de contêineres é definida em 34.741 unidades, onde o giro é de cerca de 4 vezes por período. É atendida 29% da demanda total por movimentação de contêineres e a ocupação média dos 5 navios é de 79%. Os resultados globais do cenário base são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Principais resultados do cenário base

Receita Total (RT)	R$ 294.372.645,42
Custo total de movimentação do cont. cheio (CMCT)	R$ 54.015.363,05
Custo total de movimentação do cont. vazio (CMVT)	R$ 8.222.484,33
Custo total de estoque (CET)	R$ 40.544,45
Margem de contribuição (MC)	**R$ 232.094.253,59**
CMCT/RT	18,35%
CMVT/RT	2,79%
CET/RT	0,01%
Movimentação de contêineres cheios	138.349
Movimentação de contêineres vazios	31.701
Movimentação total de contêineres	170.050
Fração de atendimento	28,79%
Frota total	34.741
Número de vezes que um contêiner é utilizado para transporte	4
Ocupação dos navios	79%

[7] O custo do estoque de contêineres vazios foi classificado como custo fixo, pois a quantidade de contêineres armazenados não influencia o custo de alocação da área, quando for o caso.

A fim de facilitar a análise dos resultados, foram classificados os pares de arcos[8] (ida e volta) segundo a quantidade de contêineres movimentados.

Concentrando-se a análise nos 10 arcos de maiores fluxos de transporte (83% da movimentação total de contêineres cheios) percebe-se que o modelo seleciona a melhor combinação entre a demanda de retorno – mínimo da demanda entre os arcos origem-destino e destino-origem – e a demanda total no arco e o frete médio, como observa-se na Tabela 2.

Tabela 2: Pares de arcos que movimentam maior soma total de contêineres (em contêineres)

#	Origem (Porto p_i)	Destino (Porto p_j)	Tipo de Contêiner	Movimentação de Cont. Cheios	Movimentação de Cont. Vazios	Movimentação Total	Demanda $p_i \rightarrow p_j$	Demanda de retorno $p_j \rightarrow p_i$	Demanda Total	Receita Total
1	Antuérpia	Santos	K20_D	24.811	2.813	27.624	28.673	9.200	37.873	R$ 32.478.627
2	Hamburgo	Santos	K20_D	21.348	743	22.091	11.495	19.720	31.215	R$ 33.934.546
3	Hamburgo	Santos	K40_D	16.746	0	16.746	10.832	8.183	19.015	R$ 43.239.277
4	Santos	Roterdã	K20_D	13.190	0	13.190	13.123	4.123	17.246	R$ 25.332.160
5	Antuérpia	Santos	K40_D	10.197	0	10.197	32.784	10.210	42.994	R$ 25.202.632
6	Santos	Roterdã	K20_R	8.206	8.206	16.412	9.689	0	9.689	R$ 21.782.106
7	Hamburgo	Paranaguá	K40_D	6.247	0	6.247	6.405	4.800	11.205	R$ 15.550.144
8	Santos	Roterdã	K40_D	6.095	0	6.095	4.379	4.277	8.656	R$ 15.570.692
9	Santos	Tilbury	K20_D	4.580	0	4.580	4.265	884	5.149	R$ 10.707.935
#	Paranaguá	Tilbury	K40_D	3.780	0	3.780	3.924	1.317	5.241	R$ 13.563.366

O arco Hamburgo-Santos, para contêineres secos de 20 pés, apresenta maior quantidade de carga de retorno. Foram movimentados no total 22.091 contêineres neste arco, sendo 11.495 cheios no sentido Hamburgo - Santos. No sentido oposto, 9.853 cheios e 743 vazios. Toda a demanda de exportação do porto de Hamburgo com destino a Santos foi atendida, entretanto, no sentido oposto, aproximadamente 50% da demanda não foi transportada.

Tabela 3: Movimentação dos contêineres de 20 pés entre os portos de Hamburgo e Santos

Origem	Destino	Tipo de Contêiner	Movimentação de Cont. Cheios (em cont.)	Movimentação de Cont. Vazios (em cont.)	Frete (por cont.)	Demanda (em cont.)	Receita
Hamburgo	Santos	K20_D	11.495	0	R$ 1.200	11.495	R$ 13.794.000
Santos	Hamburgo	K20_D	9.853	743	R$ 2.044	19.720	R$ 20.140.546
TOTAL			**22.091**		**R$ 1.536**	**31.215**	**R$ 33.934.546**

A movimentação deste par de arcos gera uma receita total de 33,934 milhões de reais, tendo um frete médio de 1.590 reais por contêiner, atendendo a 68% de sua demanda total. Considerando todos os contêineres movimentados, inclusive os vazios, o frete médio deste arco, para contêineres de 20 pés seco, é de 1.536 reais por contêiner.

[8] Arco, na acepção adotada neste trabalho, representa qualquer par de portos, onde pode existir transporte, seja de cargas, ou de contêineres vazios para reposicionamento.

Toda a demanda de exportação no sentido Hamburgo-Santos é atendida. O frete médio[9] das cargas transportadas em contêineres secos de 20 pés é de 1.200 reais por contêiner.

Tabela 4: Movimentação de contêineres de 20 pés do porto de Hamburgo a Santos

Origem	Destino	Carga	Movimentação de Cont. Cheios (em cont.)	Frete (por cont.)	Demanda (em cont.)	Receita
Hamburgo	Santos	C_87_K20_D	2.191	R$ 1.200	2.191	R$ 2.629.440
Hamburgo	Santos	C_84_K20_D	1.701	R$ 1.200	1.701	R$ 2.040.720
Hamburgo	Santos	C_00_K20_D	1.197	R$ 1.200	1.197	R$ 1.436.160
Hamburgo	Santos	C_48_K20_D	1.186	R$ 1.200	1.186	R$ 1.422.960
Hamburgo	Santos	C_28_K20_D	1.005	R$ 1.200	1.005	R$ 1.206.480
Hamburgo	Santos	C_29_K20_D	939	R$ 1.200	939	R$ 1.127.280
Hamburgo	Santos	C_39_K20_D	906	R$ 1.200	906	R$ 1.087.680
Hamburgo	Santos	C_76_K20_D	827	R$ 1.200	827	R$ 992.640
Hamburgo	Santos	C_72_K20_D	521	R$ 1.200	521	R$ 625.680
Hamburgo	Santos	C_38_K20_D	431	R$ 1.200	431	R$ 517.440
Hamburgo	Santos	C_85_K20_D	295	R$ 1.200	295	R$ 353.760
Hamburgo	Santos	C_70_K20_D	295	R$ 1.200	295	R$ 353.760
TOTAL			**11.495**	**R$ 1.200**	**11.495**	**R$ 13.794.000**

Como a demanda de Santos para Hamburgo não é totalmente atendida, algumas cargas deixam de ser transportadas, como a carga C_09. Esta tem 40% da sua demanda (6.814 contêineres), pois é a carga de menor frete dentre as cargas de mesma origem e destino.

Tabela 5: Movimentação de contêineres de 20 pés do porto de Santos para Hamburgo

Origem	Destino	Carga	Movimentação de Cont. Cheios (em cont.)	Frete (por cont.)	Demanda (em cont.)	Receita
Santos	Hamburgo	C_09_K20_D	6814	R$ 1.912	16.682	R$ 13.028.909
Santos	Hamburgo	C_84_K20_D	1183	R$ 2.686	1.183	R$ 3.176.356
Santos	Hamburgo	C_05_K20_D	662	R$ 1.999	662	R$ 1.324.058
Santos	Hamburgo	C_87_K20_D	451	R$ 1.992	451	R$ 898.631
Santos	Hamburgo	C_29_K20_D	404	R$ 2.184	404	R$ 881.899
Santos	Hamburgo	C_17_K20_D	339	R$ 2.451	339	R$ 830.693
TOTAL			**9853**	**R$ 2.044**	**19720**	**R$ 20.140.546**

São poucos os arcos que movimentam contêineres vazios, neste cenário. Dos 10 arcos com maior movimentação, além de Hamburgo-Santos, há mais 2 arcos: Antuérpia-Santos (2.813 contêineres secos de 20 pés) e Santos-Roterdã (8.207 contêineres refrigerados de 20 pés).

O arco Antuérpia-Santos possui grande fluxo de vazios no sentido de Santos para Antuérpia, cuja demanda total para movimentação de cheios é de 9.200 contêineres enquanto a demanda no sentido oposto é de 28.673 contêineres, ou seja, mais de três vezes superior.

Antuérpia envia 17.702 contêineres cheios do tipo seco de 20 pés a Santos, que consegue retornar 7.109 contêineres cheios e 2.813 vazios. O restante dos contêineres que Antuérpia precisa para a estufagem de sua carga é proveniente de Roterdã (4.712), Tilbury (2.308),

[9] Frete médio – é a relação entre receita total adquirida e a quantidade de contêineres transportados no arco em questão.

Paranaguá (1.491) e Sepetiba (129), que são utilizados principalmente para embarcar carga para Santos. Os 860 contêineres remanescentes são enviados a Rio Grande (672) e Sepetiba (188), fechando o balanço de embarque e desembarque no porto.

Tabela 6: Movimentação de contêineres vazios para o porto de Antuérpia

Origem	Destino	Movimentação de Cont. Cheios (em cont.)	Movimentação de Cont. Vazios (em cont.)
Antuérpia	Santos	17.702	0
	Rio Grande	672	0
	Sepetiba	188	0
Total embarcado		*18.562*	
Santos	Antuérpia	7.109	2.813
Roterdã		0	4712
Tilbury		0	2.308
Paranaguá		0	1.491
Sepetiba		0	129
Total desembarcado		*18.562*	

O arco Santos-Roterdã movimenta 8.206 contêineres vazios do tipo refrigerado de 20 pés no sentido Europa-Brasil, por não haver demanda de movimentação de carga neste sentido. Santos envia os 8.206 contêineres refrigerados a Roterdã, pois o frete médio das cargas nesta operação é um dos maiores da rota (2.654 reais/contêiner), o que justifica a movimentação de vazio posteriormente. O transporte desta rota, para este tipo de contêiner, produz receita de 21,782 milhões de reais. Esta movimentação atende a 84% da demanda de contêineres refrigerados de 20 pés neste arco.

Ao analisar estes resultados, verifica-se a consistência na escolha das cargas a serem movimentadas. Além do cenário base, foram simulados outros cenários, com alteração de características (parâmetros) da rota. Os cenários cujos resultados foram mais relevantes são apresentados a seguir.

3.2. Cenário 2: Alteração da Capacidade do Navio

Este cenário analisa a influência da diminuição da capacidade do navio na seleção das cargas movimentadas. A capacidade dos navios foi diminuída em 20%, resultando em navios com 1.776 TEUs, capacidade de volume de 24.800t, 400 tomadas para contêineres refrigerados e limitação de 480 contêineres de 40 pés.

Resultados

A quantidade de cargas transportadas diminuiu em relação ao cenário base. Houve uma redução de 33.112 contêineres (cerca de 19,5%) na movimentação total de contêineres, como mostra a

Tabela 7.

Tabela 7: Comparação dos resultados globais do cenário 2 com o cenário base

	Cenário-base	Cenário 2	Diferença
Receita Total (RT)	R$ 294.372.645,42	R$ 245.334.929,56	-16,66%
Custo total de movimentação do cont. cheio (CMCT)	R$ 54.015.363,05	R$ 44.042.575,73	-18,46%
Custo total de movimentação do cont. vazio (CMVT)	R$ 8.222.484,33	R$ 6.576.156,27	-20,02%
Custo total de estoque (CET)	R$ 40.544,45	R$ 31.885,80	-21,36%
Margem de contribuição (MC)	**R$ 232.094.253,59**	**R$ 194.684.311,75**	-16,12%
CMCT/RT	18,35%	17,95%	-0,40%
CMVT/RT	2,79%	2,68%	-0,11%
CET/RT	0,01%	0,01%	0,00%
Movimentação de contêineres cheios	138.349	111.885	-19,13%
Movimentação de contêineres vazios	31.701	25.053	-20,97%
Movimentação total de contêineres	170.050	136.938	-19,47%
Fração de atendimento	28,79%	23,28%	-5,51%
Frota total	34.741	28.598	-17,68%
Número de vezes que um contêiner é utilizado	3,98	3,91	-1,76%
Ocupação dos navios	79%	79%	0,00%

Ao impor as novas restrições de capacidade do navio, o modelo responde diminuindo a movimentação de contêineres cheios e vazios em cada porto, conforme ilustra a Figura 5, e a quantidade total da frota de contêineres.

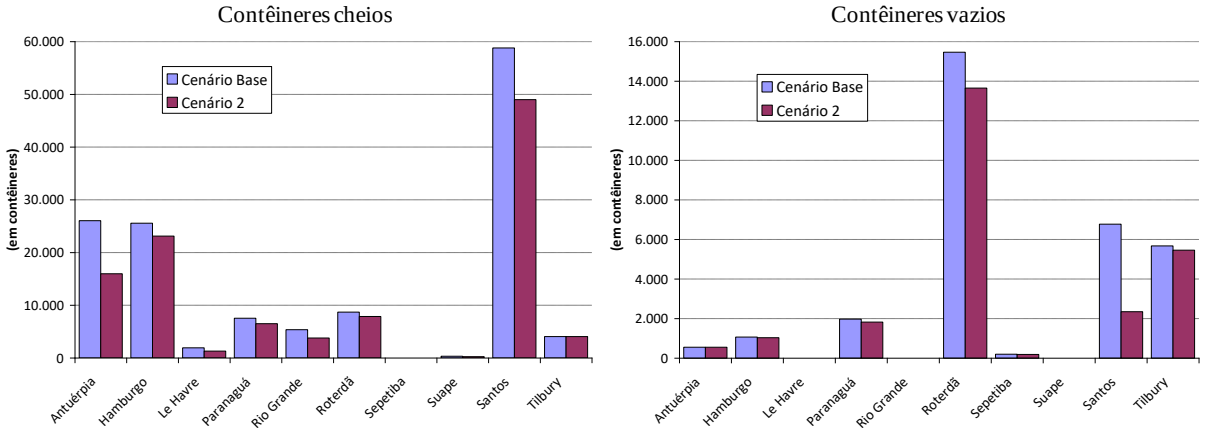


Figura 5: Quantidade total de contêineres cheios (esquerda) e vazios (direita) enviados por cada porto

No par de arcos Antuérpia-Santos, observa-se a maior queda na movimentação de contêineres cheios e vazios em relação ao cenário base. Houve a redução de 36.345 contêineres cheios para 22.337 contêineres, atendendo cerca de 27,4% da demanda total deste par de arcos. Em relação aos contêineres vazios, a movimentação diminuiu em 69%.

A explicação para este comportamento se deve aos valores do frete neste par de arcos, que são menores em relação aos outros arcos com demanda alta. O modelo reduz a quantidade transportada entre Antuérpia e Santos e mantém a mesma quantidade transportada entre outros portos com relação ao cenário base. Há substituição de alguns arco-carga de menor fluxo por outros, de modo a minimizar o impacto da redução da capacidade do navio.

O perfil dos 10 maiores arcos e cargas, em termos que volume movimentado, se mantém em relação ao cenário base.

3.3. Cenário 3: Alteração da Fração Máxima de Atendimento

Este cenário analisa a influência da redução da fração máxima de atendimento na seleção das cargas transportadas. O limite máximo da fração de atendimento, antes 100%, foi alterado pra valores reais do mercado, conforme o tipo de carga e porto de embarque, com base no trabalho de COSTA (2006).

Resultados

Houve diminuição da quantidade das cargas de maior frete devido às restrições de fração de atendimento, possibilitando o aumento do transporte de outros arcos e cargas ausentes na seleção do cenário base. Os resultados globais são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8: Comparação dos resultados globais do cenário 3 com o cenário base

	Cenário-base	Cenário 3	Diferença
Receita Total (RT)	R$ 294.372.645,42	R$ 218.838.968,82	-25,66%
Custo total de movimentação do cont. cheio (CMCT)	R$ 54.015.363,05	R$ 40.014.041,13	-25,92%
Custo total de movimentação do cont. vazio (CMVT)	R$ 8.222.484,33	R$ 9.853.353,68	19,83%
Custo total de estoque (CET)	R$ 40.544,45	R$ 43.258,93	6,70%
Margem de contribuição (MC)	**R$ 232.094.253,59**	**R$ 168.928.315,08**	-27,22%
CMCT/RT	18,35%	18,28%	-0,06%
CMVT/RT	2,79%	4,50%	1,71%
CET/RT	0,01%	0,02%	0,01%
Movimentação de contêineres cheios	138.349	99.546	-28,05%
Movimentação de contêineres vazios	31.701	37.590	18,57%
Movimentação total de contêineres	170.050	137.136	-19,36%
Fração de atendimento	28,79%	20,71%	-8,07%
Frota total	34.741	24.850	-28,47%
Número de vezes que um contêiner é utilizado	3,98	4,01	0,59%
Ocupação dos navios	79%	69%	-14,49%

Os arcos e cargas que tiveram suas demandas completamente atendidas no cenário base mantiveram o limite máximo de atendimento, conforme a fração de atendimento atribuída.

Tomando como exemplo a carga C_29 em contêineres de 20 pés, observa-se que o transporte entre os arcos apresentados na Tabela 9 tinham 100% de suas demandas atendidas no cenário base. Nos mesmos trechos, após a alteração da fração de atendimento, conservam-se os níveis máximos de atendimento.

Tabela 9: Arcos que possuem a fração máxima de atendimento da demanda atendida

			Cenário Base		Cenário 3	
Origem	**Destino**	**Carga**	**Fração máxima de atendimento**	**Resposta do modelo**	**Fração máxima de atendimento**	**Resposta do modelo**
Santos	Hamburgo	C_29_K20_D	100%	100%	22,80%	22,8%
Antuérpia	Rio Grande	C_29_K20_D	100%	100%	41,90%	41,9%
Santos	Roterdã	C_29_K20_D	100%	100%	22,80%	22,8%
Hamburgo	Santos	C_29_K20_D	100%	100%	30,90%	30,9%
Roterdã	Santos	C_29_K20_D	100%	100%	18,70%	18,7%
Tilbury	Santos	C_29_K20_D	100%	100%	45,20%	45,2%

O transporte das cargas de maior frete foi limitado, possibilitando a movimentação de outros tipos de cargas e arcos. No geral, houve o acréscimo de 43 arcos e cargas transportadas, porém a quantidade de contêineres cheios transportados foi inferior ao cenário base devido à limitação de atendimento.

Houve mudança significativa na movimentação de contêineres vazios. O desbalanceamento entre quantidade de contêineres embarcados e desembarcados e, conseqüentemente, a necessidade de reposicionamento de contêineres vazios aumentou.

Como os volumes de carga entre cada par de arcos foram rearranjados conforme a fração máxima estabelecida, o perfil dos 10 maiores arcos e cargas também foi alterado. Entretanto, a melhor combinação entre a demanda de retorno e a demanda total no arco e frete médio ainda é selecionada.

4. Conclusões

A realocação de contêineres é uma necessidade intrínseca ao transporte marítimo de cargas conteinerizadas.

Nos diversos cenários estudados, a realocação de contêineres vazios oscilou entre 20% e 30% aproximadamente da movimentação total de contêineres[10]. Entretanto, os custos de movimentação de contêineres vazios representaram, em média, de 3% a 4% da receita total recolhida no horizonte de planejamento. A escolha das cargas transportadas foi ponderada pelo custo e necessidade de realocação de contêineres vazios, durante todo o horizonte de planejamento.

Os cenários que tiveram maior impacto sobre a frota total de contêineres no período de simulação foram o de limitação da fração máxima de atendimento e de alteração da capacidade do navio. Ambos os cenários apresentaram uma brusca queda na margem de contribuição, devido à limitação no transporte das cargas com maior frete.

O modelo matemático é uma ferramenta de apoio para o planejamento tático de uma empresa de navegação. Através do estudo de diferentes cenários é possível obter aproximações razoáveis de importantes valores, tais como frota total de contêineres, giro por contêineres, taxa de ocupação dos navios e, principalmente, a ordenação da demanda de cargas que traz maior margem de contribuição à empresa.

[10] Esta movimentação considera apenas o embarque e desembarque de contêineres nos navios. Não envolve o transporte terrestre entre porto e cliente de exportação e importação.

É importante ressaltar que a aderência dos resultados de seleção de cargas depende, em essência, dos dados de entrada do programa e, principalmente, da determinação da demanda por transporte via contêineres. Um estudo de mercado bem fundamentado, juntamente com dados operacionais reais e atualizados deve produzir uma boa base de informação para auxiliar o planejamento tático de uma empresa de navegação.

5. Referências Bibliográficas

- ANTAQ – Agência Nacional de Transporte Aquaviário, Anuário Estatístico Portuário, 2006.
- Barco, B. L. ***A logística do contêiner vazio*** Departamento de Engenharia Naval. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.
- Costa, G. A. A. ***Modelo de margem de contribuição aplicado ao planejamento de marketing no transporte marítimo regular de contêineres.*** Departamento de Engenharia Naval. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.
- Nobre, M. ***A gestão logística do contêiner vazio.*** Departamento de Gestão de Negócios. Universidade Católica de Santos. Santos, 2006.
- Rezende, L. B. ***A logística do contêiner vazio, uma nova abordagem.*** Departamento de Engenharia Naval. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.
- Robortella, M. S. e Pinheiro, S. V. L. P ***Modelo Matemático para Suporte à Decisão de Escolha de Clientes no Transporte Marítimo Regular de Contêineres.*** Departamento de Engenharia Naval. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.
- Souza, F. C. G. ***Procedimentos para alocação de contêineres vazios no transporte marítimo.*** Departamento de Engenharia Industrial. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2001.
- UNCTAD – United Nations Conference on Trade and Development. Handbook of Statistic On-line, 2007.

DETERMINACIÓN DE LA DEFLEXIÓN Y DESALINEACIÓN EN UNA LÍNEA DE EJES DE EMBARCACIONES PESQUERAS SEGÚN MÉTODO RACIONAL

Elaborado por: Ing. Mierwen Palacios Aranda, Ing. Anwar Julio Yarin Achachagua, Ing. Yasser Hipólito Yarin Achachagua.

E-Mail: Mierwen79@hotmail.com

RESUMEN

El proyecto que se presenta a continuación, tiene como fin mostrar un procedimiento adecuada para el alineamiento de los ejes de propulsión, mostrar los componentes esenciales de una línea de ejes , además mostramos el problema del desalineamiento presente en dichas líneas y su respectiva solución mediante el análisis de los distintos métodos de alineamiento y sus respectivos procedimientos , en el cual se incluye un calculo de deflexión de ejes utilizando el procedimiento de análisis racional por medio de un software de elementos finitos. Que se deben de realizar en la etapa de diseño del sistema de propulsión también se muestran distintas pautas de trabajo e inspecciones reglamentarias que se realizan en astilleros cuando se realiza el trabajo de instalación del sistema de propulsión logrados a través de practica profesional en distintos astilleros de lima y en el Sima Chimbote Como ultimo punto se indican las recomendaciones que dan las principales clasificadoras para el dimensionamiento y ubicación adecuado de los ejes de propulsión y sus respectivos componentes.

INTRODUCCIÓN

Sin duda alguna por ser la pesca una actividad importante en el mundo, siendo la embarcación pesquera un medio que nos permite realizar esta actividad a mayor y menor escala. Nosotros analizaremos la importancia de dimensionar y seleccionar adecuadamente los componentes del sistema de propulsión en las embarcaciones pesqueras, sabiendo que un dimensionamiento y una selección adecuada de estos y complementados con un correcto alineamiento de la línea de ejes hará que el sistema de propulsión trabaje satisfactoriamente durante las faenas de pesca de la embarcación sin que ocurran fallas mecánicas en la línea de ejes y sus componentes que lo integran

OBJETIVOS

Dimensionar adecuadamente los componentes de la línea de ejes del sistema de propulsión en embarcaciones pesqueras, según recomendaciones de sociedades de clasificación y requerimientos propios del armador, realizando un cálculo de las deflexiones en la línea de ejes según el método racional, utilizando software Ansys 8.0 .Para conocer el comportamiento de la línea de ejes cuando esta operando.

1. GENERALIDADES DEL PROBLEMA

1.1. Línea de Ejes y el Sistema de Instalaciones

El sistema de ejes es esencialmente el enlace entre la hélice y el motor principal, este debe ser operable en todas las condiciones de trabajo sin que falle, durante toda la vida del buque. El sistema de ejes tiene el equipamiento necesario para convertir el movimiento de rotación de la maquinaria principal, en potencia de empuje, necesaria para lograr la propulsión de la embarcación. Este sistema debe cumplir las siguientes condiciones:

- ✓ Transmitir la potencia desde la maquinaria principal a la hélice.
- ✓ Soportar a la hélice.
- ✓ Estar libre de formar vibraciones perjudiciales.
- ✓ Transmitir el empuje desarrollado por la hélice al casco.
- ✓ Soportar con seguridad las cargas de operaciones transitorias (Cambios de marcha, maniobras a alta velocidad).

.2. Constitución de una Línea de ejes

El juego de ejes localizado en el interior del buque es llamado línea de ejes y está constituido de la siguiente manera:

1. Ele Motor o Ele Maquina Propulsora.
2. Eje Intermedio, formado por uno o varios trozos.
3. Ele de Cola o Ele porta Hélice.

A continuación se muestra las relaciones dadas por las sociedades de clasificación para determinar el diámetro del eje intermedio: El diámetro "d", del eje intermedio no debe ser menor al diámetro calculado por la siguiente relación:

$$d = F * k \sqrt[3]{\left(\frac{P}{R}\right)\left(\frac{560}{160+\sigma}\right)}$$ (Lloyds Register)

Donde:

K= 1,0 para ejes conformados con acoplamientos integrados o con acoplamientos ajustados en caliente.

F = 100 (90,5) para otras instalaciones con propulsión diesel.

P (H) = Poder transmitido en Kwp

R = Revoluciones por minuto.

σ = Resistencia a la tracción mínima del material del eje, en N/mm2 (Kgf/mm2).

2.3. Accesorios en una Línea de Ejes

Descanso de Apoyo

Estos descansos en su interior llevan cojinetes, generalmente de metal blanco antifricción de bajo valor comercial. La función de estos cojinetes es absorber el desgaste que se producirá debido al roce cuando entre en movimiento el eje.

Separación de Descansos

La separación de los descansos es una parte importante en el alineamiento de la línea de ejes esto es, para evitar un daño prematuro a los cojinetes del descanso del eje, estos deberán estar suficientemente cerca para evitar vibraciones del eje,

pero suficientemente distanciados para que el eje se adapte a la flexión del casco

La Germanischer Lloyd da una relación para determinar la distancia máxima entre descansos de la siguiente manera.

$$L_{max} = K1 * \sqrt{d}$$

Donde:

d = diámetro del eje entre el descanso en (mm)

distanciados para que el eje se adapte a la flexión del casco

La Germanischer Lloyd da una relación para determinar la distancia máxima entre descansos de la siguiente manera.

$$L_{max} = K1 * \sqrt{d}$$

Donde:

d = diámetro del eje entre el descanso en (mm).

K1 = 450. Para descansos que tienen cojinetes de metal blanco y lubricado con aceite.

1. **Bocina**

   La bocina es un tubo de acero, que se introduce por el orificio del mamparo del pique de popa , al que se emperna mediante una brida que lleva en su extremo La misión de esta bocina es ; darle apoyo y salida al eje de cola , entre el mamparo del pique de popa y el núcleo del codaste , haciendo dicha salida estanca .

2. **Frenos del Eje**

   Los barcos que tengan que realizar maniobras pesadas o si cabe esperar inversiones a plena velocidad, se recomienda el empleo de un freno en el eje, este freno debidamente controlada detendrá la rotación de la hélice siempre que se produzca desembrague de la transmisión y el motor funcione a velocidad de ralentí.

3. **Acoplamientos**

   Los acoplamientos tienen por función prolongar líneas de transmisión de ejes o conectar tramos de diferentes ejes, estén o no alineados entre sí. Para llevar a cabo tales funciones se disponen de diferentes tipos de acoplamientos

mecánicos.

Los acoplamientos pueden ser rígidos o flexibles:

✓ **Acoplamientos Rígidos**

Los acoplamientos rígidos se fijan a los ejes de manera que no existe el desplazamiento relativo entre ambos, sin embargo se puede permitir cierto desajuste o juego axial. Estos acoplamientos se utilizan cuando la precisión del par de torsión es de suma importancia. Por ejemplo:

Los Acoplamiento rígido de platillos

CUADRO 1.1

DESALINEACION TOLERADA

	Axial	Angular	Paralelo	Torsional	Observaciones
Acoplamientos Rígidos	Grande	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Se exige una alineación perfecta

Fuente: Elaborado por el Autor

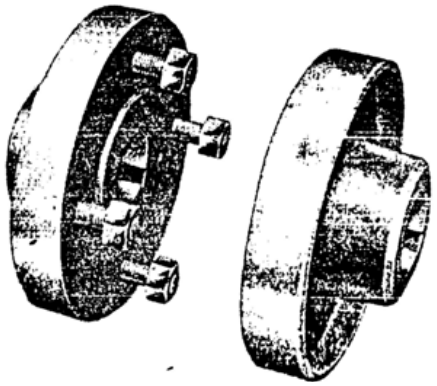


Figura Nº 1.1. Los Acoplamiento rígido de platillos

✓ **Acoplamientos Flexibles**

Un eje como cuerpo rígido posee seis grados de libertad, con respecto a un segundo eje. Sin embargo por razones de simetría, tan solo quedarán cuatro que generan una posible desalineación. Estas condiciones de desalineación pueden ser axial, angular, paralela y torsional. Por ejemplo

CUADRO 1.2

DESALINEACION TOLERADA

Axial	Angular	Paralelo	Torsional	Observaciones

Acoplamientos Flexibles de Manguito	Moderada	Ligera(< 2º)	Ninguna	Ninguna	Ninguna

Fuente: Elaborado por el Autor



Figura Nº1.2. Acoplamiento flexible de manguitos de goma

1.4. Fuerzas Actuantes sobre la Línea de Ejes

Todas las cargas que actúan sobre la línea de eje se pueden dividir en los siguientes grupos:

1. Cargas Principales

- ✓ Par de motor desde la maquina principal hasta la hélice.
- ✓ Tensiones de peso propio del eje, sus partes principales y de la hélice.
- ✓ Empuje de la hélice entregado por el eje principal al cojinete de empuje.

2. Cargas Adicionales

- ✓ Tensiones debidas a deformaciones del casco del buque.
- ➢ Tensiones debidas a errores durante el montaje del eje principal.
- ✓ Tensiones debidas al cabeceo del buque.
- ➢ Tensiones debidas al trabajo de la hélice contra las corrientes de agua.

3. Cargas Accidentales

- ✓ Golpe de la hélice con objetos sumergidos.

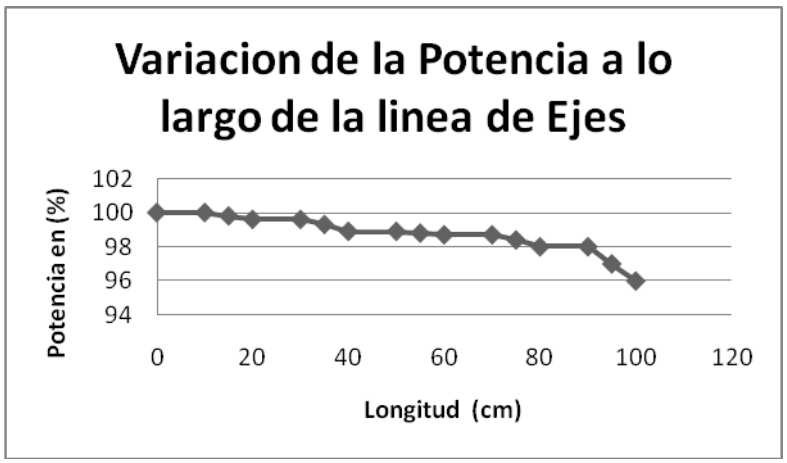
El peso total de la línea de eje se puede considerar como una carga distribuida a lo largo de la longitud de cada parte que tenga sección constante, mas el peso de las diferentes partes del eje como la fuerza concentrada en bridas, acoplamientos, hélice, etc.

1.5. Variación del torque a lo largo de la línea de ejes

La hélice es capas normalmente de convertir mas de la mitad de la potencia suministrada en empuje el resto de potencia se pierde en los componentes de la línea transmisión , el resto de potencia es utilizado en vencer la resistencia que opone el agua al giro de la hélice.

En el siguiente esquema podemos observar el cambio de la potencia a lo largo de la línea de ejes.

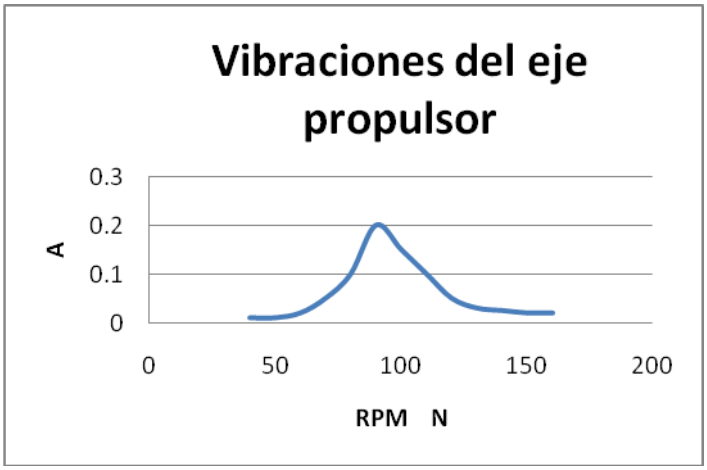
Diagrama N°.-1.1. Esquema que muestra el cambio de torque a lo largo de la línea de eje



1.6. Vibraciones Torsionales en un Sistema de Ejes

La vibración torsional es una irregularidad cíclica de la rotación de un sistema de ejes. Sé produce por los impulsos de combustión del motor, por movimiento alternativo y por acción de la hélice .Según giran los ejes del sistema, varia el par impulsor (en la combustión de cada cilindro) y la resistencia a la rotación (producida por la hélice). La vibración torsional es solamente peligrosa cuando no es controlada.

Figura N° 1..-2. El esquema muestra las vibraciones de la línea de ejes.



2. MÉTODOS DE ESTUDIOS

Los métodos de alineación que estudiaremos para realizar una correcta alineación son:

3. **2.1.**

Alineamiento en Frio

Esta etapa se refiere a lograr la coaxialidad de los ejes en una condición fría o de no operación. La expresión alineamiento en frio se refiere a posicionar la línea de centro del eje motriz con respecto a la línea de centro del eje conectada, pero con ambos en una condición de no operación. Su importancia se debe a que normalmente es la única verificación que se efectuara en forma directa para determinar la posición relativa de los ejes involucrados los resultados de esta verificación forman la base para la determinación del alineamiento de los ejes durante la operación de las correspondientes maquinas.

2.2. Alineamiento en Caliente

Esta etapa pretende lograr la alineación de los ejes, pero cuando las maquinas estén en condiciones nominales de funcionamiento. Esta etapa en las faenas de alineación está íntimamente ligada a la anterior.

Los fabricantes de algunas turbo maquinarias prescriben para los efectos de su alineación, las desviaciones producidas cuando estas prestan sus servicios en los regímenes estables. Es por esto, que al efectuar el alineamiento en frio final, deben tenerse en cuenta estas desviaciones y dejar, por consiguiente, las maquinas premeditadamente desalineadas en condiciones estáticas para que sus ejes logren su coaxialidad requerida cuando las maquinas estén en condiciones de operación.

3. ALINEAMIENTO RACIONAL DE EJES

El alineamiento Racional de ejes está basado en el análisis del sistema de ejes como una viga continua, soportada por múltiples descansos o apoyos. Este análisis resulta ser largo y complejo, por ello, será llevado a cabo mediante software Ansys 8.0 y corroborado por programa computacional.

3.1 Característi cas de nuestra Línea de Ejes de Trabajo

Los datos que hemos tomado corresponden a una embarcación de pesca por arrastre, de las siguientes características:

CUADRO 3.1

	CARACTERISTICAS
Dimensiones (L = 32.2 m , B = 8.8 , D = 6.3)	
DATOS DEL MOTOR Y RELACION DE REDUCCION	
MOTOR TURBOALIMENTADO	CATERPILLAR , MODELO , 3508 B
MOTOR	EN V DE 8 CILINDROS
POTENCIA (bhp)	960
POTENCIA (bkw)	716
REVOLUCIONES (r.p.m)	1800
REDUCTOR CON RELACION	6.36 : 1
DATOS DEL EJE	
MATERIAL	ACERO FORJADO MACIZO
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	450 N/mm^2
ACOPLAMIENTOS RIGIDOS DE PLATILLO	
DESCANSOS DE APOYO CON COJINETE DE METAL BLANCO Y LUBRICADO POR ACEITE	
BOCINA DE THORDON	
HELICE DE BRONCE	3 PALAS

Fuente: Elaborado por el autor.

3.2 Determinac ión del diámetro del eje

Calcularemos el diámetro según la Germanischer Lloyd:

$$d \geq F * k * \sqrt[3]{\frac{Pw * Cw}{n * \left[1 - \left(\frac{d1}{d2}\right)^4\right]}} \leq da$$

Donde:

Pw = 716 kw.

Cw = 0.918. (Cw = 560/(Rm+160)).

n (r.p.m) = 283.018.

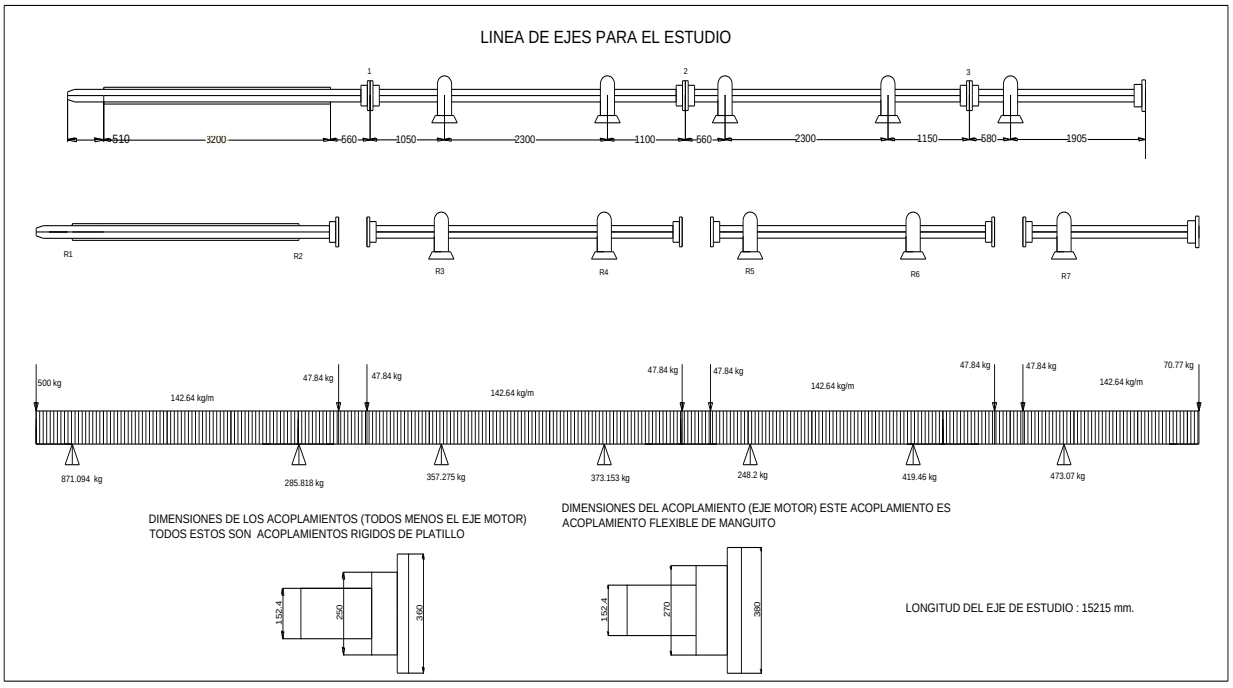
F = 100. (factor de material)

K = 1.1 (factor por el tipo de eje).

Reemplazando obtenemos:

d ≥ 144.823 mm. Tomamos para nuestro caso un diámetro, d = 152.4 mm (6")

3.3 Dimensiones de nuestro Eje de Trabajo



Esquema Nº-3.1 Dimensiones de nuestro eje de estudio

1. Pre procesó

Este es el primer paso para comenzar a trabajar en Ansys 8.0, en el debemos de definir:

1.1. Modelado

En esta primera etapa trabajamos con la creación de la figura del eje completo mediante keypoints y líneas, para ello trasladamos las coordenadas de cada línea obtenidas de Autocad 2002.

1.2. Tipo de Elemento

Para nuestro caso en estudio hemos definido el elemento BEAM 188, obtenido de la librería del programa, el cual cumple con las siguientes características:

4. Es un elemento de viga en 3D (tridimensional), el cual posee dos nodos y seis grados de libertad en cada uno de ellos, estos son: traslación en los ejes X, Y, Z y rotación en los mismos ejes.

1.3. Secciones

5. Se grafica la forma y dimensión de la sección transversal del modelo.

1.4. Constantes Reales

No son requeridas para nuestro elemento, las calcula en forma automática, pero en los demás casos se deben completar datos tales como inercia, área de sección trasversal, peso, etc.

1.5. Propiedades del Material

1.6.

2. Las siguientes propiedades fueron asignadas a nuestro modelo.
3. Material (MAT) : Isotrópico.
4. Densidad (DENS) : 7820 kg/m^3
5. Coef. Poisson (PRXY) : 0,29
6. Modulo de Young (EX) : 2,068x10^11 N/$m^{2.}$

1.6. Mallado

7. Se procede a discretizar el modelo mediante mallado automático anterior a obtener las soluciones requeridas.

2. Solución

En esta etapa del trabajo vamos a definir el tipo de análisis a realizar, las restricciones de contorno del modelo, la fuerza de gravedad y las demás fuerzas externas a que se verá sometido el modelo.

2.1. Tipo de Análisis

Elegimos el tipo de análisis que queremos simular, para nuestro caso basta con un análisis estático.

2.2. Definir Cargas

8. Aplicamos las cargas externas del modelo para este modelo solo se aplica una carga equivalente al peso de la hélice. También se aplica la fuerza de gravedad que afectara a todo el modelo. Establecemos los tipos de apoyos para nuestro modelo, en nuestro caso serán apoyos simples en cada uno de los descansos, con restricción de traslación en los ejes X, Y.

2.3. Solucionar

9. Comando que sirve para ejecutar la solución del problema.

3. Post proceso

Nos ayuda a visualizar en forma grafica y numérica las soluciones obtenidas del análisis realizado.

4 Resultados

A continuación se presentan resultados obtenidos en Ansys 8.0.

La siguiente fotografía obtenida del software utilizado, muestra la deflexión sufrida por el eje, debido al peso de la hélice en el extremo izquierdo del eje de cola y el peso propio en toda la línea. Esta grafica nos dará un indicio de como deben quedar distribuidas las futuras cuñas que debemos aplicar a cada uno de los acoplamientos de la línea propulsora.

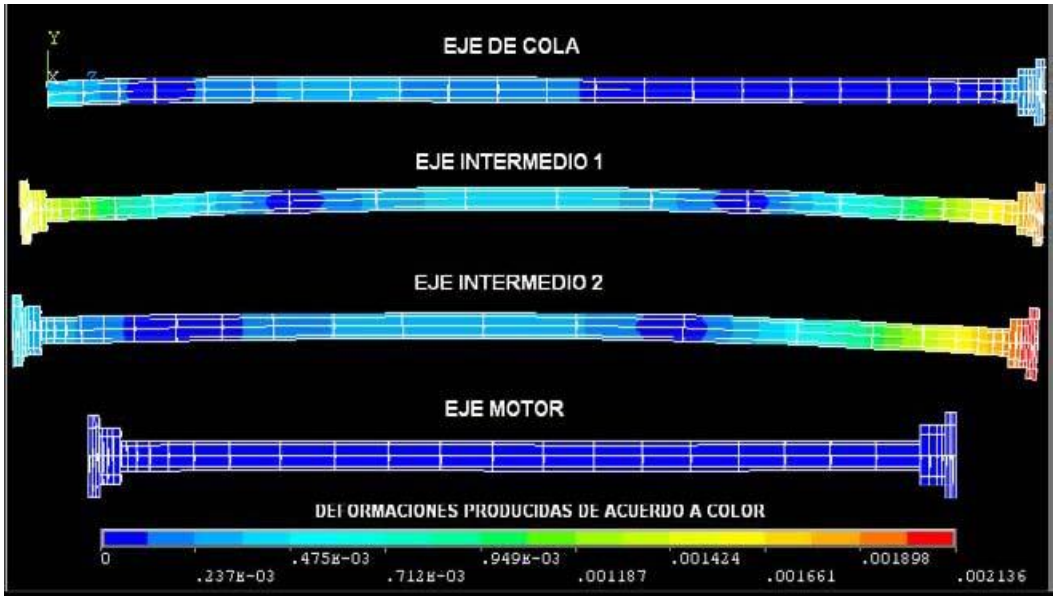


Figura Nº 3.1. Se muestra el comportamiento de la línea de ejes**.**

A continuación procedemos a detallar las dimensiones y forma de las deflexiones en cada una de las caras de acoplamientos de los machones. El cuadro resumen muestra en primera instancia, el valor en coordenadas cartesianas, del punto ideal del acoplamiento indicado en grafica, es decir, cuando el modelo no está sometido a ninguna fuerza, luego se presenta la nueva ubicación después de haber sido aplicada la concentración de cargas sobre el eje y este ha sufrido deflexión. En grafica de la (figura), además esta simulada la posición ideal del eje con línea punteada.

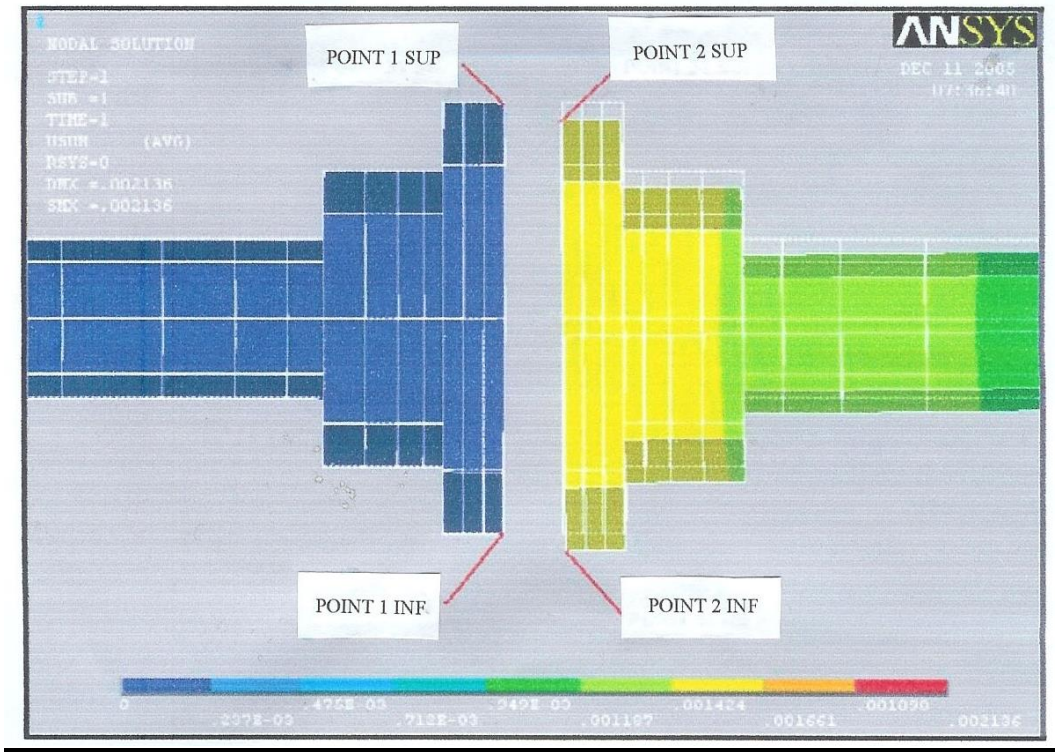


Figura Nº3.2. El grafico muestra el acoplamiento número 1 (de popa a proa)

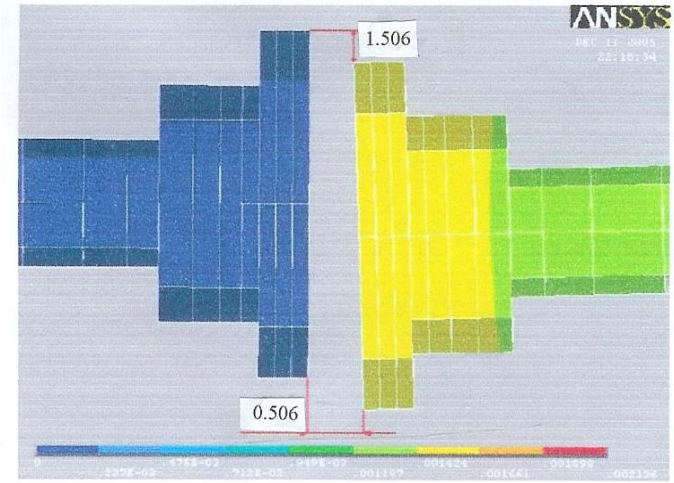


Figura N°3.3 Se muestra las diferencias tanto superior del desalinamiento en el acoplamiento 1

1. **<u>Acoplamiento Nº 1 de Popa a Proa</u>**

POINT 1 SUPERIOR			POINT 2 SUPERIOR	
IDEAL	CALCULADO		IDEAL	CALCULADO
Y = 0.18	Y = 0.179837		Y = 0.18	Y = 0.178331
Z = 4.27	Z = 4.703		Z = 4.32	Z = 4.31172
POINT 1 INFERIOR			POINT 2 INFERIOR	
IDEAL	CALCULADO		IDEAL	CALCULADO
Y = -0.18	Y = -0.180163		Y = -0.18	Y = -0.18145
Z = 4.27	Z = 4.296		Z = 4.32	Z = 4.3220

Diferencia superior (altura) entre el punto 31 y 34 del acoplamiento 1

Y1 = Y1C-Y2C = (0.179837-0.178331) = 1.506 mm.

Diferencia inferior horizontal fue de: X1 = 0.506 mm.

Los resultados obtenidos de la medición del alineamiento según el método por laser fueron:

El acoplamiento Nº1 de popa a proa tiene un desalineamiento angular y paralelo:

Dif vertical superior = 1.495 mm.

Dif horizontal inferior = 0.497 mm.

CONCLUSIONES

- ✓ Utilizando el método racional hemos determinado las tolerancias que debemos de dejar cuando realizamos el alineamiento en frio final y los resultados obtenidos se acercan a los valores determinados mediante la medición del desalineamiento utilizando los distintos métodos de alineamiento.
- ✓ Según los resultados gráficos obtenidos se puede conocer las deflexiones producidas en los distintos puntos a lo largo de la línea de ejes mediante una escala de colores. Especialmente la deflexión producida por la hélice en el extremo izquierdo de la línea de ejes al comportarse como un peso en voladizo.

RECOMENDACIONES

- ✓ Según los estudios realizados y por consiguiente los beneficios que obtendríamos sugerimos, ubicar el sistema propulsor de una embarcación pesquera de cerco a popa de la embarcación y con el añadido de que este, tiene que estar fuera de la sala de maquinas, es decir entre el mamparo de pique de popa y el mamparo a popa de sala de maquinas.
- ✓ Al realizar el proceso de alineamiento de la línea de ejes del sistema de propulsión se debe de tener presente los distintos procedimientos de alineación, esto es conocer sus característica para determinar cuándo se utiliza un determinado procedimiento, esto sabiendo que un buen procedimiento de alineación es la suma de la aplicación de los distintos procedimientos de alineación y de cómo estos se complementan para la obtención de un buen resultado final.
- ✓ Es también importante mencionar, que por tratarse de un proceso minucioso y delicado dentro de los trabajos de instalación del sistema de propulsión. El dimensionamiento, selección y una correcta alineación, debe de ser realizado por personal responsable y con experiencia ya que el factor humano es primordial para poder contar con buenos resultados finales.

BIBLIOGRAFIA

1. Textos Consultados

- ✓ Marine Propulsión Engine Caterpillar. EEUU .Octava Edición 2006.
- ✓ Buques Pesqueros .José Fernando Núñez Basáñez. España Cuarta Edición 1998.
- ✓ Embarcaciones de Pesca y carga .Dr. Víctor Eleno Obregón Pizarro Perú .Edición 1996
- ✓ Marine Diesel Engine Pounder, C.C. Inglaterra. Edición 1999
- ✓ Mecánica de Materiales Timoshenko. Cuarta Edición 2000.

2. Sociedades de Clasificación Consultadas

- ✓ Germanischer LLoyds 2005.

  Reglamento de Clasificación y Construcción parte 1: Buques de Pesca
- ✓ LLoyds Register of Shipping 2002.

Reglas y Regulación para la Clasificación de Buques parte 5:

capitulo 6 y 8.

- ✓ American bureau of shipping

  Reglas para la Construcción y Clasificación de Buques de Acero.

  2007

3. Páginas Web Solicitadas

- ✓ **www.Ansys.Com**
- ✓ **www.Construccion.Uniovi.es**
- ✓ **www.Dvingenieria.Com.ar**
- ✓ **www.Machinesupport.Com**
- ✓ **www.Neseal.Com**
- ✓ **www.Noise-Control.Com**
- ✓ **www.Pruftechnik.Com**
- ✓ **www.Transmarsa.Com**
- ✓ **www.Vetus.nl**

Titulo: Diseño de una Barcaza con Arreglo de Arboladura por el Método de Elementos Finitos

Autor(es): Ing. Mierwen Palacios Aranda, Ing. Anwar Julio Yarin Achachagua, Ing. Yasser Hipólito Yarin Achachagua.

E-Mail: yhya_20_1@hotmail.com

Resumen: En el presente trabajo se ha diseñado una barcaza con arreglo de arboladura para el rescate de embarcaciones pesqueras naufragadas tomando en consideración las necesidades actuales de la flota pesquera peruana, una barcaza cuyas características principales difieren al de otras embarcaciones dedicadas a tareas similares, siendo sus condiciones de trabajo adecuadas a las necesidades de nuestro medio.

Los casos de pesqueros artesanales naufragados en las costas del Perú constituyen el 20% del total de siniestros registrados por la Dirección General de Capitanía y Guardacostas, las cuales se deben mayormente a una maniobra mal ejecutada o a una mala distribución de la carga.

Así, aunque originalmente el pesquero cuente con la estabilidad adecuada, las cuales están bajo las regulaciones sobre el diseño y construcción, por algún error humano puede correr el riesgo de naufragar.

Recuperar las embarcaciones artesanales perdidas en naufragios de forma tal que puedan ser reutilizados en las labores para las que fueron destinados originalmente tiene una importancia económica trascendental, debido a que la pesca artesanal satisface el 50% del consumo humano directo en el Perú.

INTRODUCCION

Rescatar un pesquero naufragado es una tarea muy delicada, que atañe muchos riesgos, los que pueden involucrar peligrosamente a las embarcaciones que participan en la tarea de recuperarlo.

Es posible que a causa de una maniobra mal realizada, sin el equipo adecuado, con embarcaciones no idóneas, éstas corran el riesgo de hundirse, junto con la nave que se desea recuperar, siendo necesario proveerse de embarcaciones diseñadas específicamente para la labor de recobrar los pesqueros zozobrados, de manera que puedan realizar su trabajo con la seguridad que es de desear.

OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como objetivo diseñar una barcaza con arreglo de arboladura que pueda realizar las operaciones de rescate de embarcaciones pesqueras naufragadas, con la suficiente capacidad para satisfacer las necesidades de nuestro medio y contribuir con la ingeniería naval peruana.

FACTORES FÍSICOS QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO DE LA BARCAZA

Previo al dimensionado de la barcaza con su arreglo pluma-mástil, es preciso definir las características principales de la nave pesquera naufragada, haciendo usa del estudio de prospectiva para la cadena productiva de industria pesquera en la región de la costa del pacífico en América del Sur, nos limitamos a querer recuperar un navío naufragado, cuyas características principales mostradas en el Cuadro Nº1 corresponden al 28% de las embarcaciones registradas en el medio.

CUADRO N°1
CARACTERISTICAS DE UN PESQUERO TIPICO

Nº	Dimensión	Valor
1	Eslora (m)	13.8
2	Manga (m)	5.7
3	Puntal (m)	2.5
4	Costo ($)	17500

Fuente: DICAPI 2005

De acuerdo al Principio de Arquímedes, el peso del buque a flote no es el mismo peso del buque completamente hundido, el peso de la nave en el fondo es el peso del agua que ha conseguido desplazar.

No incluimos en esta apreciación el agua que se queda encerrada en la nave a partir del naufragio por considerarla parte del medio en que se desarrolla la tarea de recuperación, siempre y cuando el buque naufragado no salga a la superficie y el rescate se lo haga con tal lentitud que permita que el agua del medio fluya libremente. A partir del volumen de agua desplazada por el buque sumergido se obtiene la carga inicial de trabajo. El detalle de estos cálculos se presenta en la Cuadro Nº2.

CUADRO N°2
CALCULO DE LA CARGA INICIAL DE TRABAJO

Elemento	Densidad (Kg/m^3)	Volumen (m^3)
Madera	1067	11.8
Hierro	7720	0.415
Agua desplazada	1025	12.2
Peso del agua desplazada (Kg)		12520.375

Fuente: Elaborado por el autor

Esta carga inicial de trabajo es influenciada por las características oceanográficas del medio en el que se encuentra: altura de la ola, velocidad de las corrientes y el tipo de fondo más común, Dichas características, unidas a la profundidad de rescate máxima, la cual es determinada por la máxima profundidad a la que un buzo puede trabajar con la comodidad deseada, por el tiempo requerido para ejecutar las maniobras de apoyo previo al rescate, hacen que el fondo y el peso de la columna de agua reaccionen sobre la mencionada carga. Esta fuerza se ve modificada por la acción de la fuerza de arrastre que se opone al movimiento de objetos sumergidos en el agua, la que está constituida por la fuerza de fricción de arrastre, más la fuerza de presión de arrastre, además un cabezal de presión hacia arriba favorece el movimiento del buque hacia la superficie. Las Fuerza de arrastre actuante sobre el buque hundido se muestra en el Cuadro Nº3.

CUADRO N°3
FUERZA DE ARRASTRE ACTUANTE SOBRE EL BUQUE HUNDIDO

Nº	Detalle	Valor
1	Área normal al movimiento (m^2)	65.3
2	Área paralela al movimiento (m^2)	109.2
3	Coeficiente de fricción	0.4
4	Coeficiente de presión	1.2
5	Velocidad máxima de arrastre (m/s)	0.516
6	Fuerza de Fricción (Kg)	609.78
7	Fuerza de Arrastre (Kg)	1093.92
8	Fuerza de Arrastre Total (Kg)	1703.70

Fuente: Elaborado por el autor

Los movimientos del buque desde el que se opera la subida del pesquero desde el fondo, afectan también al buque hundido y le producen entre otras, una aceleración vertical, la cual se pretende que sea mínima. La máxima aceleración vertical debida al movimiento es de 2.56m/s² valor mostrado en el Cuadro Nº9. Se establece que la carga de trabajo es la siguiente:

$$CT = (C I + FA) * (g + z)/g$$

Donde:
CT: Carga de Trabajo, kg.
CI: Carga inicial de Trabajo, kg.
FA: Fuerza de Arrastre, kg.
g: Gravedad, m/seg2.
z: Máxima aceleración vertical, m/seg2.
Carga de Trabajo = 17935.97kg

DIMENSIONAMIENTO DE LA BARCAZA

En la selección de las dimensiones de la barcaza se sigue el criterio que el diseño más eficiente es aquel que incluye todas las características de operación requeridas, con el menor desplazamiento; esto es que el desplazamiento de la barcaza sea el mínimo posible para la carga máxima que ha de recuperarse.

Las dimensiones geométricas son influenciadas por la forma de realizar el rescate, el cual, para disminuir los efectos que la elevación de la carga tienen sobre la estabilidad transversal de la nave sin tornarla inestable y sobre la estabilidad longitudinal de la embarcación sin asentarla excesivamente, al ejecutarla por la popa de la barcaza.

Al izar la carga, ésta tiende a asentar la barcaza, provocando una situación no idónea para su estabilidad, poniendo en peligro su seguridad, tal acontecimiento ha de ser corregido, lastrando convenientemente la barcaza.

El embarcar pesos tales como la carga del buque hundido, así como el agua de lastre y los efectos que ellos producen, esto es, reducción de la altura metacéntrica por embarque, traslación y elevación de pesos y por efectos de superficies libres, tienen que ser contemplados en el dimensionado de la barcaza, pues ella debe ser capaz de soportar el asentamiento debido al ascenso de la carga, y el embarque del volumen de agua necesario como lastre que corrija tal inclinación.

Las características principales de la barcaza se presentan en el Cuadro Nº4 y con más detalles en el plano de líneas de forma del Anexo A.

CUADRO N°4
CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LA BARCAZA

Nº	Dimensión	Valor
1	Eslora (m)	20
2	Manga (m)	8
3	Puntal (m)	2

Fuente: Elaborado por el autor

DIMENSIONAMIENTO DE LA ARBOLADURA

Los requerimientos básicos para seleccionar un arregla del tipo pluma-mástil para manejar la carga correspondiente al rescate de los pesqueros naufragados, están fundamentados en la determinación de las cargas más grandes y más pesadas, la máxima altura de levantamiento dispuesta por la máxima profundidad a la que un buzo profesional puede sumergirse con los equipos de buceo disponibles, el tipo de suelo del fondo desde el cual tenga que ser elevada, las condiciones oceanográfica del rescate, la posibilidad de ser transportada sostenida sumergida en el agua par largos, períodos de tiempo, con el suficiente claro respecto de la barcaza para su más fácil manejo. Un resumen de las condiciones en las que debe realizarse el rescate son mostradas en el Cuadro Nº5.

CUADRO Nº 5
CONDICIONES DEL RESCATE

Nº	Detalle	Valor
1	Profundidad máxima (m)	60
2	Altura de la Ola (m)	0.6
3	Periodo de la Ola (m)	15
4	Velocidad del Viento (m/s)	5
5	Clara Barcaza-Carga (m)	3.5
6	Tiempo de Preparación (horas)	4
7	Tiempo de Maniobra (horas)	1
8	Angulo máximo de ascenso (grados)	22.5

Fuente: Elaborado por el autor

Su efecto sería una reducción importante de la altura metacéntrica y una escora que debería de corregirse lastrando convenientemente la barcaza, utilizando los tanques de lastre de la posición opuesta a la del ascenso, lo que significaría otra variación de la altura metacéntrica por embarque de pesos y efectos de superficie libre. Además debe existir una distancia horizontal racional entre la carga subida y el buque que la iza, para evitar choques entre ambas. La pluma de carga estará constituida por una viga de sección rectangular de sección variable y reforzada interiormente por un amarre estructural longitudinal. Está diseñada para soportar los esfuerzos a los que estará sometida la pluma de carga. El mástil efectivo está conformado par planchas de acero planas y esfuerzos estructurales, cuyas

secciones transversales se mantienen en forma constante a partir del fondo y a medida que se asciende, de tal forma que pueda soportar las fuerza cortantes, las deformaciones, los momentos flectores y los esfuerzos a que debe someterse. El dimensionado del arreglo mástil y pluma de carga mostrado en el Cuadro Nº6 da lugar a un análisis basado principalmente en la determinación de las fuerzas necesarias para la selección del winche, el cable, poleas y cilindros hidráulicos.

CUADRO Nº 6
DIMENSIONES DEL ARREGLO MASTIL-PLUMA

Nº	Dimensión	Valor
1	Longitud Pluma (m)	6.5
2	Longitud del Mástil efectivo (m)	2.5
3	Long. del Mástil bajo cubierta (m)	2

Fuente: Elaborado por el autor

ANALISIS DE ESTABILIDAD

La Estabilidad es la tendencia de un buque a retornar a su posición original luego de haber sido inclinado debida a fuerzas externas. La condición de estabilidad de una embarcación es determinada casi completamente por la localización de dos puntos, su centro de gravedad y su centro de boyantes, los cuales varían con las distintas condiciones de carga.

Las características de hidrostáticas de la embarcación para las diferentes condiciones de carga satisfacen los criterios de mínima altura metacéntrica, que el Servicio de Guardacostas de los Estados Unidos propone para barcazas oceánicas y se muestran en el Cuadro Nº7.
Siendo las condiciones:

- El buque no tiene carga y la pluma se encuentra en las posiciones de 0˚ y 30˚.
- El buque sostiene una carga máxima y la pluma se encuentra en las posiciones de 0˚ y 30˚.

CUADRO Nº7
CARACTERISTICAS HIDROSTATICAS

Característica	sin carga-0˚	sin carga-30˚	cargado-0˚	cargado-30˚
T	0.347	0.347	0.8372	0.8424
KB	0.172	0.172	0.4244	0.4272
GM	15.001	14.9	5.733	5.281
KG	1.114	1.215	1.253	1.704
gg'	0.56	0.56	0.4	0.221
KG'	1.674	1.776	1.654	1.926
G'M	14.44	14.339	5.332	5.06
Lastre	6.4	6.4	64.8	65.6

Fuente: Elaborado por el autor

Definimos la estabilidad dinámica residual determinando el área bajo la curva de estabilidad estática para los diferentes ángulos de escora, valores que podemos ver en el Cuadro Nº8, donde podemos comprobar que el criterio de mínima estabilidad dinámica, que el Servicio de Guardacostas de los Estados Unidos propone para barcazas oceánicas, es claramente superado.

CUADRO Nº8
ESTABILIDAD DINAMICA

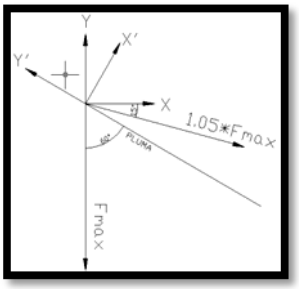
Grados	sin carga-0˚	sin carga-30˚	cargado-0˚	cargado-30˚
5	0.059	0.059	0.021	0.020
10	0.203	0.201	0.085	0.080
15	0.381	0.377	0.189	0.179
20	0.569	0.563	0.322	0.304
25	0.758	0.749	0.463	0.435
30	0.943	0.929	0.603	0.563
35	1.120	1.101	0.735	0.682
40	1.285	1.261	0.856	0.788
45	1.437	1.407	0.965	0.880
50	1.572	1.536	1.059	0.956
55	1.688	1.645	1.137	1.015
60	1.784	1.733	1.199	1.057
65	1.859	1.799	1.244	1.080

Fuente: Elaborado por el autor

COMPONENTES ACTUANTES SOBRE EL ARREGLO MASTIL PLUMA

El análisis del arreglo del tipo mástil-pluma para el manejo de la carga ha sido basado convencionalmente en la descomposición de la fuerza de izado en el plano utilizando cálculos trigonométricos representado en la Figura 1. Se comienza el cálculo considerando que la pluma forma 30˚ con la horizontal y soporta una carga máxima de 17935.970Kg.

FIGURA 1.- DIAGRAMA DE FUERZAS SOBRE LA PLUMA



Entonces:

Fx = 18191.057 kg

Fy = -22810.249 kg

Fx’ = -10658.726kg

Fy’ = -27159.0424kg

Además se calcula la fuerza de acción del viento sobre el sistema mástil-pluma, haciendo con la siguiente expresión:

$$F_W = C \times \frac{V^2}{1000} \left(kN / m^2 \right)$$

Donde:

C: coeficiente carga

V: velocidad de vierto

Para C = 1.3 y V = 22m/s (velocidad promedio)

Obtenemos: Fw = 393.25 N/m2

FUERZAS DINAMICAS DEBIDAS AL MOVIMIENTO DE LA BARCAZA

Los movimientos del buque afectan la estabilidad de la barcaza, y su predicción nos ayuda a diseñar adecuadamente la pluma de carga y el mástil.

Con el uso del programa mostrado en el Anexo G, el cual se ha formulado utilizando los conceptos de la Teoría de la Rebanada mostrada en el Anexo E, se ha comprobado que la embarcación responde en forma adecuada para la tarea de levantamiento del buque naufragado desde el fondo del mar bajo las condiciones mostradas en el Cuadro Nº5, considerando además las diferentes condiciones de carga y que las olas inciden sobre el buque con un ángulo de 90˚, las fuerzas dinámicas actuantes determinadas antes estas condiciones son mostradas en el Cuadro Nº9.

CUADRO Nº9
FUERZAS DINAMICAS ACTUANTES

Movimiento	Detalle	sin carga-0˚	sin carga-30˚	cargado-0˚	cargado-30˚
Arfada	Desplazamiento (m)	0.761	0.778	0.812	0.811
	Acel. Vertical (m/s²)	1.654	1.79	2.561	2.567
Rolido	Máximo Angulo (rad)	0.0586	0.0587	0.0645	0.0649
	Acel. Angular (rad/s²)	0.2029	0.2033	0.2103	0.2114
Los valores obtenidos en cabeceo son insignificantes					

Fuente: Elaborado por el autor

ANALISIS ESTRUCTURAL DE LA PLUMA

La estructura es básicamente una viga cajón, donde las planchas y estructuras que la conforman han sido escogidas de tal forma que se asegure un factor de seguridad mayor que 1.6 con respecto a la carga límite de elasticidad del material del que está constituido. El análisis se realiza para la condición de carga máxima, se determina la tensión de trabajo

partiendo de un modelo preliminar que después será optimizado con ayuda del software ALGOR FEA. La tensión de trabajo se determina a partir del siguiente cálculo:

$$\sigma max = \frac{M_{max}}{W} \qquad M_{max} = F_{max} \times d + W_{pluma} \times d' \qquad W = \frac{\left(b_e \times h^2{}_e\right)}{6} - \frac{b_i \times \left(\frac{h^3{}_i}{h_e}\right)}{6}$$

$$b_i = b_e - e \qquad h_i = h_e - e$$

Donde:

M_{max} : Momento flector máximo.
Fmax: carga máxima de trabaja.
Wpluma: Peso de la pluma.
d: distancia de la carga al mástil.
d': distancia del c.g. de la pluma al mástil.
be , he : lados exteriores de pluma.
bi , hi : lados exteriores de pluma.
e: espesor de la plancha.

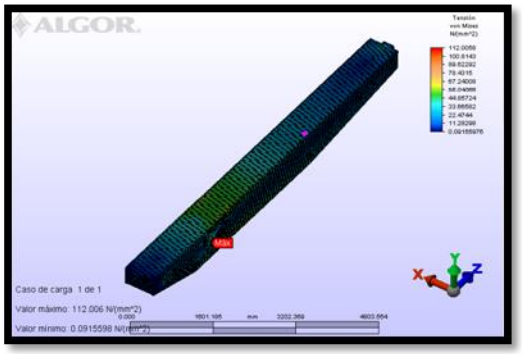
Calculando obtenemos los siguientes resultados: Mmax=1019056883.836Kg, W=8342922.38mm³ y σmax= 151.293MPa

Para que este valor sea adecuado se debe cumplir: $\sigma_{max} < \frac{\sigma_{material}}{1.6}$

σmax= 151.293MPa < 156.25MPa el valor obtenido es satisfactorio.

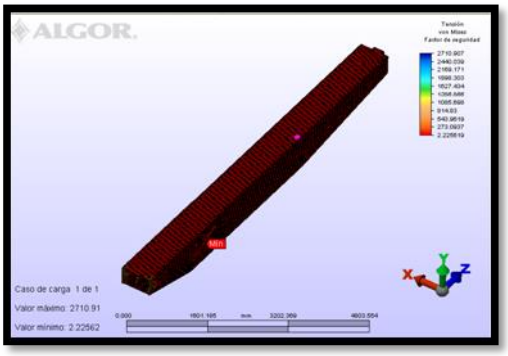
Para el análisis por el método de elementos finitos previamente se ha modelado la pluma, según el Plano de Estructuras de la Pluma, con ayuda de un Software CAD, este modelo ha sido importado por el Software Algor para llevar a cabo nuestro análisis.

FIGURA 2.- TENSION DE VON MISES SOBRE LA PLUMA



La Figura2 muestra que el sector en el que actúa los cilindros hidráulicos son las que presentan una gran concentración de esfuerzos, especialmente en las cercanías de los apoyos, alcanzando un esfuerzo máximo de 112 MPa.

FIGURA 3.- FACTOR DE SEGURIDAD DE LA PLUMA



Según el criterio de fallas de Von Mises, el mínimo Factor de Seguridad alcanzado por la pluma es de 2.22, como se muestra en la Figura 3. Los resultados de nuestro análisis son satisfactorios debido a que el factor de seguridad obtenido es superior al recomendado por el reglamento de la Germanischer Lloyd para artefactos de elevación.

ANALISIS ESTRUCTURAL DEL MASTIL

La estructura es básicamente una viga cajón de sección variable, donde las planchas y estructuras que la conforman, han sido escogidas de tal forma que se asegure un factor de seguridad mayor que 1.6 con respecto a la carga límite de elasticidad del material del que está constituido.

El análisis, al igual que la pluma, se realiza para la condición de carga máxima. Se determina la tensión de trabajo partiendo de un modelo preliminar que después será optimizado con ayuda del software ALGOR FEA. La tensión de trabajo se determina a partir del siguiente cálculo:

$$\sigma max = \frac{M_{max}}{W} \qquad M_{max} = R_{max} \times d \qquad W = \frac{\left(b_e \times h^2{}_e\right)}{6} - \frac{b_i \times \left(\frac{h^3{}_i}{h_e}\right)}{6}$$

$$b_i = b_e - e \qquad h_i = h_e - e$$

Donde:

M_{max} : Momento flector máximo.
Rmax: Reacción horizontal máxima.
d: distancia de la carga al mástil.
be , he : lados exteriores del mástil.
bi , hi : lados exteriores del mástil.
e: espesor de la plancha.

Calculando obtenemos los siguientes resultados: Mmax= 32590850.88Kg,

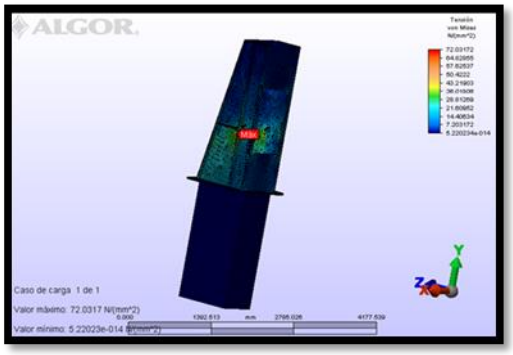
W=5714037.964mm³ y σ_{max}= 70.269MPa

Para que este valor sea adecuado se debe cumplir: $\sigma_{max} < \frac{\sigma_{material}}{1.6}$

σ_{max}= 70.269MPa < 156.25MPa el valor obtenido es satisfactorio.

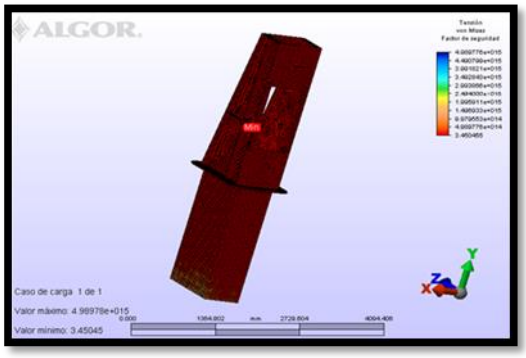
Para el análisis por el método de elementos finitos previamente se ha modelado el mástil, según el Plano de Estructuras del Mástil, con ayuda de un Software CAD, este modelo ha sido importado por el Software Algor para llevar a cabo nuestro análisis.

FIGURA 4.- TENSION DE VON MISES SOBRE EL MASTIL



La Figura 4 muestra que los sectores donde se apoya la pluma de carga son las que presentan una gran concentración de esfuerzos, especialmente en las cercanías de los apoyos, alcanzando un esfuerzo máximo de 72 MPa.

FIGURA 5.- FACTOR DE SEGURIDAD DEL MASTIL



El mínimo Factor de Seguridad alcanzado por la pluma es de 3.45, como se muestra en la Figura 5. Los resultados de nuestro análisis son satisfactorios debido a que el factor de seguridad obtenido es superior al recomendado por el reglamento de la Germanischer Lloyd para artefactos de elevación.

CALCULO ESTRUCTURAL DE LA BARCAZA

El diseño estructural de la barcaza es una de las partes más importantes del complejo problema del diseño. El propósito que se persigue es asegurar que la integridad estructural de la nave sea mantenida para las cargas a las cuales está sujeta en servicio. Siendo esto así, es que acudimos a las Reglas para Construcción y Clasificación de Barcazas de Acero para Servicio Costa-fuera de la American Bureau of Shipping, en lo que concerniente a los escantillones de la barcaza.

En la Cuadro Nº10 se presenta una lista con las características de los diferentes materiales utilizados en la construcción de la barcaza.

CUADRO Nº10
LISTA DE MATERIALES

Denominación	Medidas
Plancha de fondo	Pl 5/16"
Plancha de costado	Pl 5/16"
Esloras	L 5/16”x8”x3”
Cuadernas	Áng.3/8”x3”x3”
Varengas	Áng.5/16”x4”x4”
Baos	Áng.3/8”x3”x3”
Vagras	L 3/8”x10”x3”
Mamparos	Pl 1/4"
Refuerzos mamparos	Pt 1/4”x3”
Plancha de cubierta	Pl 5/16"
Baos especiales	Áng.3/8”x6”x6”
Cuadernas especiales	Áng.3/8”x6”x6”
Varengas especiales	Áng.3/8”x6”x6”
Puntales	Tub.SCH80x3”

Fuente: Elaborado por el autor

ANALISIS ESTRUCTURAL DE LA UNION BARCAZA-MASTIL

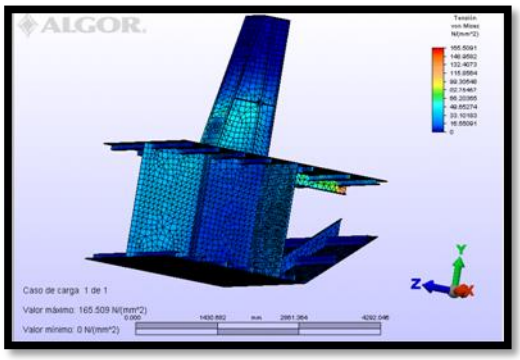
Esta parte del análisis tiene como objetivo comprobar que en las estructuras, que forman parte de la barcaza y que están relacionadas estructuralmente con el mástil, no se produzca una falla estructural ante las condiciones de máxima carga.

Para el análisis por el método de elementos finitos previamente se ha modelado el mástil y elementos estructurales de la Barcaza ligados a este, según el Plano de Estructuras del Mástil y el Plano de Estructuras de la Barcaza, con ayuda de un Software CAD, este modelo ha sido importado por el Software Algor para llevar a cabo el análisis.

La distribución de los esfuerzos de Von Mises obtenidos sobre la estructura analizada

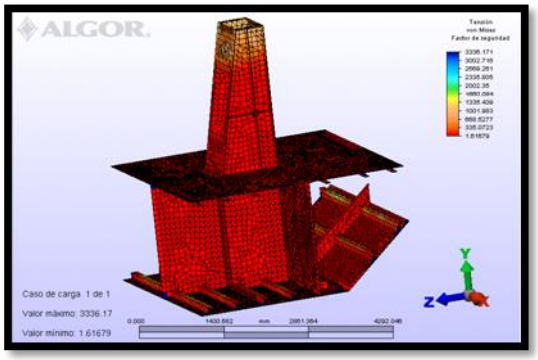
Figura 6, muestran que la parte estructural que soportara a los cilindros hidráulicos presentan una gran concentración de esfuerzos, alcanzando un esfuerzo máximo de 165.5 MPa.

FIGURA 6.- TENSION DE VON MISES SOBRE UNION BARCAZA-MASTIL



Aunque el esfuerzo máximo es significativamente grande, no supera el esfuerzo de fluencia del material, por lo que bajo esta condición de carga no producirá falla en el material, además el mínimo Factor de Seguridad alcanzado por la pluma es de 1.61, el cual es un valor aceptable como se muestra en la Figura 7.

FIGURA 7.- FACTOR DE SEGURIDAD DE LA UNION BARCAZA-MASTIL



CONCLUSIONES

Generales:

Se ha desarrollado una barcaza con arreglo de arboladura, que pueda realizar las operaciones de rescate de embarcaciones pesqueras naufragadas, con una capacidad superior a cualquier embarcación dedicada a estas operaciones, satisfaciendo las necesidades de nuestro medio.

Específicos:

Se logro diseñar una barcaza según las normas de la American Bureau of Shipping, con la suficiente capacidad y estabilidad para realizar las operaciones de rescate.

Se obtuvo un arreglo de arreglo de arboladura que satisface las normas de las Germanischer Lloyd para artefactos de elevación y que fue optimizado con el software para análisis estructural.

RECOMENDACIONES

- Es preciso que el buque naufragado se encuentre libre del sedimento del fondo, para la mejor utilización de la barcaza, por ella se recomienda que el rescate se efectúe lo más pronto posible luego del naufragio.

- En el caso de que el pesquero naufragado se encuentre sumergido en el fondo del océano, se hace necesaria la realización de trabajos de dragado que posibiliten a utilidad de la barcaza.

- Nuestra barcaza para la recuperación de buques pesqueros naufragados tiene una utilidad que debe limitarse a las condiciones presentadas en el Cuadro Nº5.

- La barcaza en el momento de la maniobra de rescate debe encontrarse con la línea de crujía cortando las olas a noventa grados, lo que la garantiza la estabilidad inicial positiva. Lo que supone que han de realizarse labores de ayuda para confirmar que la línea de crujía del pesquero naufragado, al acercarse a la superficie, se encuentre a noventa grados de la línea respectiva de la barcaza.

- La maniobra de rescate ha de efectuarse siempre, con tal velocidad, que no existan cambios bruscos de tensión en los cables, y que se permita la utilización eficiente de las bombas de lastrado y deslastrado, de tal manera que la barcaza presente el mínimo asentamiento posible.

- El mástil se ha construido con la configuración elegida, para permitir solamente la presencia de momentos flectores y evitar torques que hubiera hecho necesario el aumento de las áreas seccionales del mástil, y así cumplir con los factores de seguridad mínimos establecidos.

BIBLIOGRAFIA

TEXTOS:

- AMERICAN BUREAU OF SHIPPING, Rules for Building and
  Classing Steel Barges for Offshore Service, A.B.S., New York. 1983.

- BHATTACHARAYA, R. Dynamics of Marine Vehicles, Wiley & Sorts, New York, 1986.

- MANDELLI A., Elementos de Arquitectura Naval, Editorial Alsina, Buenos Aires, 1960.

- TAYLOR G., Ingeniería Económica, Editorial Limusa, México, 1980.

- EDWARD J., Diseño de Ingeniería Mecánica, McGraw Hill, 1990.

- GERMANISCHER LLOYD, Regulations for the Construction and Survey of Lifting Appliances, 1983.

- FAO, Documentos Técnicos de Pesca, Roma, 1983.

- ERNST H., Aparatos de Elevación y Transporte, Editorial Blume, 1970.

- OBREGON V, La Crisis de la Industria Naval en el Contexto Macroeconómico Peruano, Lima, 2003.

CATALOGOS:

- PULL MASTER, Hydraulic Winch, Canada, 2008.

- LASER, Hydraulic Cylinders Manufactured, España, 2008.

WEBS:

- http://www.gl-group.com/en/index.php

- http://www.algor.com/

- http://www.team-twg.com/es/pullmaster/default.htm

- http://www.nafems.org/publications/benchmark/

“REDUÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELO TRANSPORTE MARÍTIMO”

Juan Carlos Montoya Cisneros
e-mail: juancarlosmontoya79@hotmail.com
Hernani L.Brinati
e-mail: hlbrinat@usp.br
Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da EPUSP

Abstract

This paper is inserted into a search on shipping, its environmental impacts, the current regulations and technologies in the market to prevent pollution. The shipping industry is one of the pillars of world trade, carrying more than 8.02 billion tons, with annual growth of 5%, this thriving industry generates a significant amount of pollutants, among them are: ballast water, oily water including discharges to sea from tank cleaning, waste, sewage, gray water, solid waste or garbage and atmospheric emissions from the vessels. The overview of the pollutants described in this paper shows that the ship like any industry worldwide is a contributor of various environmental impacts to the marine environment, either by accident or in daily routine operations.

To get shipping chord and more sustainable with the environment it has to do now is change in the technological or operational measures, also by a passing awareness programs and education for people at sea.

Resumo

O presente artigo está inserido dentro de uma pesquisa sobre o transporte marítimo, seus impactos ambientais, a regulamentação atual e tecnologias existentes no mercado para poder prevenir a poluição. O transporte marítimo é uma das indústrias pilares do comercio mundial, transportando mais de 8,02 bilhões de toneladas e com um crescimento anual de 5%, esta indústria prospera gera uma importante quantidade de poluentes, entre eles estão: águas de lastro, águas oleosas incluindo as descargas ao mar de resíduos de limpeza de tanques, águas residuais, águas cinza, resíduos sólidos ou lixo e as emissões atmosféricas procedentes dos navios.

A visão geral dos poluentes descritos neste artigo mostra que o navio como qualquer indústria mundial é um contribuinte dos diversos impactos ambientais ao meio marinho, já seja de por acidentes ou rotina diária operacional.

Para conseguir obter um transporte marítimo mais acorde e sustentável com o meio ambiente tem-se que fazer mudanças já seja nas medidas tecnológicas ou operacionais, passando também por uma conscientização e programas de educação para a gente de mar.

Introdução

O comércio mundial tem aumentado com taxas crescentes nos últimos anos. O elevado ritmo de crescimento da economia de países emergentes é o principal responsável por este crescimento. Como conseqüência do aumento do comércio mundial, verifica-se um correspondente aumento do transporte marítimo.

O transporte marítimo depende essencialmente da energia dos derivados do petróleo e, em conseqüência, produz emissões de CO2, SOx, NOx e material particulado entre outros. Hoje o transporte aquaviário responde por aproximadamente 4,5% das emissões de carbono, 4% das emissões de óxidos de enxofre e 7% das emissões de oxido de nitrogênio. Se a expansão desse modal de transporte se mantiver nos próximos anos, como se tem previsto, a sua participação na emissão destes tipos de poluentes deve aumentar e, certamente, haverá pressões da sociedade para introdução de medidas que contenham esse aumento.

Mas os gases de descarga dos motores de propulsão e auxiliares são apenas um dos diversos poluentes produzidos pelos navios. Outros poluentes são: resíduos oleosos, água de lastro, águas residuais, águas cinzas, resíduos sólidos (lixo) e pintura dos navios. Os poluentes gerados pelo Transporte Marítimo são causados por uma má gestão em aspectos operacionais, de projetos, medidas tecnológicas e inclusive medidas de regulamentação.

Embora existam outras fontes de contaminação dos oceanos, este artigo se limita a fazer uma analise dos contaminantes produzidos pelo Transporte Marítimo.

Transporte Marítimo na Atualidade

Na atualidade o transporte marítimo é um dos modais mais usados e constitui parte importante na economia das nações desenvolvidas e em vias do desenvolvimento. O

crescimento mundial exige um aumento do transporte marítimo, a frota mundial de navios aumenta a cada ano. Com isto aumenta a demanda do combustível, o crescimento dos portos e a quantidade de poluentes gerados.

O ideal é que o crescimento do transporte não crie impacto ao meio ambiente, gerando, assim, um desenvolvimento sustentável. Para isso tem que se conjugar medidas de regulamentação, medidas operacionais e medidas tecnológicas, já que na atualidade não se pode conceber uma empresa seja ela marítima, portuária, que não tenha em seu ideal um desenvolvimento sustentável para o meio ambiente.

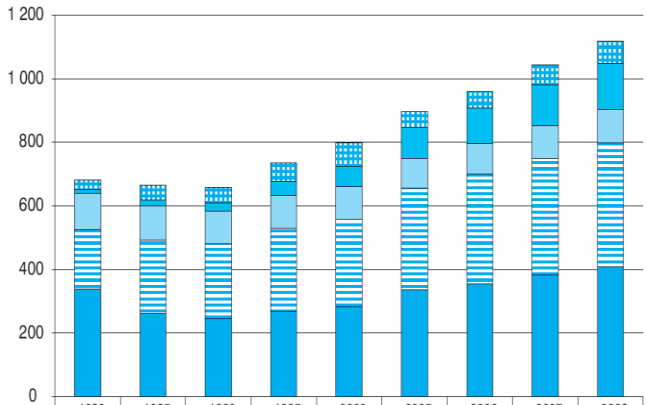
Nos últimos 50 anos o crescimento do transporte marítimo se manifestou de forma exponencial, tal como o descreve o texto *"Will the next 50 years be as Chaotic in Shipping as the Last?"*, que foi exposto pelo 50th Aniversario da Associação de armadores em Hong Kong.

O comercio de mercadorias, segundo a Organização Mundial do Comércio, teve um crescimento de 5,5% em 2007 com referência ao ano anterior. As mercadorias transportadas por via marítima no ano 2007 atingiram 8,02 bilhões de toneladas aumentando 4,8% respeito ao ano de 2006. A Tabela 1 apresenta um quadro do crescimento do transporte marítimo a partir de 1970.

Tabela 1- Evolução do Tráfico Marítimo Internacional (Mercadorias Transportadas) Milhões de Toneladas (Dados da Lloyd's Register-Fairplay)

Ano	Petróleo	Cargas Granel	Cargas Secas	Total
1970	1442	448	676	2566
1980	1871	796	1037	3704
1990	1755	968	1285	4008
2000	2163	1288	2533	5984
2006	2595	1876	3181	7652
2007	2681	1997	3344	8022

A frota mercante mundial aumentou a uma taxa de 7,2 % durante o 2007 e atingiu 1,12 bilhões de toneladas em princípios de 2008. A Figura 1 mostra a evolução da frota mundial a partir de 1980.



	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Outros	31	45	49	58	75	49	53	63	69
Contêiner	11	20	26	44	64	98	111	128	145
Carga Geral	116	106	103	104	101	92	96	101	105
Carga Granel	186	232	235	262	276	321	346	368	391
Petroleiros	339	261	246	268	282	336	354	383	408

Figura 1 Frota Mundial por principais tipos de navios em milhões de TPM (Dados da Lloyd's Register-Fairplay)

Por ultimo, a entrega de navios novos no ano 2007 alcançou o nível mais alto com um total de 81,9 milhões de toneladas deadweight, superando a do ano 2006, que registrou a quantidade de 71,1 milhões.

Embora o transporte marítimo seja o menos nocivo entre os diversos modais para o meio ambiente, considerada a relação quantidade de emissões pelo produto quantidade de carga transportada vezes distância (Piniella F., Rasero J., and Aragones J. 2005), ele gera muitos resíduos.

Poluentes Gerados pelo Transporte Marítimo

A contaminação marinha na atualidade é um dos problemas maiores que tem a humanidade, a dificuldade de gerenciar bem os resíduos é rejeitos e muito grande, segundo GESAMP 2005 o transporte marítimo e responsável por 12% da contaminação no mar. Entre os poluentes gerados pelo transporte marítimo estão:

Água de Lastro : A água de lastro é utilizada para manter a estabilidade e segurança estrutural do navio, em situações em que os navios não navegam completamente carregados. O uso do lastro é uma prática antiga, no passado usavam-se pedras e madeira para lastrar o navio; depois, recorreu-se à água do mar, que permite uma operação mais fácil de carregamento e esvaziamento e existe em abundância.

Só com o transcorrer do tempo o mundo se daria conta que este intercâmbio de águas daria lugar a um dos maiores impactos ambientais. O problema começa quando a água de lastro é transportada e descarregada de um porto em outro, levando consigo espécies e microrganismos marinhos, chamados também exóticos, que podem se instalar num novo ecossistema, trazendo problemas ambientais e para a saúde humana, chegando a competir com as espécies nativas. Segundo a OMI (Organização Marítima Internacional), estima-se que pelo menos 7000 espécies estão sendo transportadas na água de lastro pelos navios de todo o mundo. Embora a OMI tenha feito numerosas ações e estabelecido normas a este respeito, começando pelo Programa Global de Gerenciamento de Água de Lastro – GloBallast, o problema ainda está longe de encontrar uma solução; segundo a OMI a invasão de espécies exóticas continua crescendo.

Hidrocarbonetos e Águas Oleosas: A poluição por hidrocarbonetos é uma das mais perigosas para o meio ambiente marinho. O hidrocarboneto é a combinação de hidrogênio e carbono freqüentemente encontrada em gás e petróleo (Sullivan 1996) e foi o primeiro poluente marinho reconhecido pela OMI, que preparou uma primeira regulamentação em 1954 com a "Oil Pollution".

As águas oleosas são a mistura do hidrocarboneto e da água, seja do mar ou água doce, acumulada nas partes baixas dos porões (Sullivan 1996) e nos compartimentos de máquinas do navio. A poluição por hidrocarbonetos na flora e fauna marinha causa efeitos letais (quando há morte dos organismos causada pela toxicidade ou por efeitos físicos do produto) e efeitos não letais (quando os efeitos biológicos crônicos afetam o comportamento, crescimento, reprodução, colonização e distribuição das espécies), (Guimarães, 2003). Os navios contribuem com a poluição de hidrocarbonetos de duas formas, em derrames acidentais e operacionais, sendo os últimos os de maior quantidade.

As descargas operacionais são aproximadamente 45% dos derrames mundiais, na ordem de quase 276.000 toneladas ao ano, seguidas pelos acidentes marítimos com 36%. Por classe de navios, os maiores poluidores são os petroleiros com 10,3% do total, principalmente com lavagens de tanques e porões de petróleo. (GESAMP, 2007). A poluição por hidrocarbonetos produzida por lavagens de tanques, águas oleosas e outros resíduos oleosos é três vezes superior à dos derrames acidentais de navios petroleiros [OCEANA; 2003].

Apesar dos numerosos regulamentos e normas, como o casco duplo, e da melhoria da tecnologia com o uso de equipamentos de filtragem, a poluição por hidrocarbonetos continua sendo muito alta. Alem dos regulamentos e da tecnologia, um bom sistema de gestão, preparação e educação do pessoal de mar ajudaria a reduzir a descarga de hidrocarbonetos.

Águas Residuais: As águas residuais geradas pelos navios têm o mesmo impacto das geradas nas cidades em terra, estas águas não tratadas adequadamente criam um perigo para a saúde publica, fauna e flora marinha, contendo um alto nível de nutrientes (nitrogênio e fósforo) causando a multiplicação de algas e esgotando o oxigênio. Nos navios o volume das águas residuais varia de acordo à quantidade de tripulantes e passageiros e a duração da viagem; há navios mercantes com 25 tripulantes e cruzeiros que podem transportar 5000 passageiros, que os caracterizam como cidades flutuantes (OCEANA, 2004). Estas cidades flutuantes originam grande quantidade de águas residuais; a média por pessoa é de 40 litros diários (Nowlan, L. & I. Kwan; 2001), ou seja, 200.000 litros de esgoto diários para um cruzeiro de 5000 passageiros

Águas Cinzas: As águas cinzas são sustâncias nocivas que degradam ou alteram a qualidade da água de mar em um navio são geradas na higiene pessoal, lavagem das roupas, águas de cozinha, lavagem de louça e limpeza na rotina diária do navio. Estas fontes não são tão perigosas como as águas residuais. Cada passageiro de um cruzeiro pode gerar aproximadamente 300 litros de águas cinzas (Nowlan, L. & I. Kwan; 2001), em um navio mercante a proporção é inferior devido à rotina do navio, mas não deixa de ser significativa. Em geral, os navios não são equipados com tanques de águas cinzas, elas se misturam com as águas residuais. Águas cinzas, adequadamente tratadas, apresentam certo potencial de reuso para fins não-potáveis (Hespanhol; 2008). O menor uso de água potável é um dos benefícios da reutilização destas águas, que podem ser empregadas na limpeza diária do navio, optando-se assim por uma prática que vem sendo adotada em terra. A conservação deve ser promovida por meio de programas de gestão adequada e de educação ambiental (Hespanhol; 2008).

Resíduos Sólidos: Um dos problemas mais complicados e persistentes nos oceanos (Sheavly, 2005), prejudicando a flora e principalmente à fauna marinha, é provocada por resíduos sólidos, alguns dos quais afundam enquanto outros permanecem flutuando durante longos períodos (Hinojosa; Thiel, 2009). Em geral, estes resíduos têm uma degradação muito lenta, entre eles estão o plástico, o metal e o vidro. Além de degradar os oceanos, provocam a morte de muitos mamíferos marinhos, peixes e aves, os quais os confundem com alimento causando morte por asfixia; todos os resíduos marinhos com menos de 100 mm estão disponíveis para ser ingeridos. (Do Sul; Spengler; Costa, 2009). Segundo PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente) na atualidade existem 13000 pedaços de resíduos plásticos flutuando por km ^{2} do oceano (PNUMA, 2005), num informe posterior eles dão a cifra de 18000 por km ^{2}. Nem todos os resíduos procedem de fontes terrestres, segundo PNUMA o transporte marítimo e responsável pelo 20% da contaminação de lixo marinho. O lixo marinho gerado pelos navios está regulamentado pelo Anexo V do MARPOL, sendo sua principal contribuição à regra que proíbe jogar qualquer resíduo plástico incluindo os cabos e redes de pesca de fibras sintéticas, sacolas de plástico ou outros produtos de plástico que possam conter substâncias tóxicas e metais pesados [MARPOL 2002].

Emissões dos Motores: Na seção seguinte do presente artigo será abordado, com mais profundidade, o tema referente a ***Emissões de Gases Produzidas pelo Transporte Marítimo.*** Trata-se de um problema que gera grande preocupação à comunidade internacional e é reconhecido como um problema crescente.

Emissões de Gases Produzidas pelo Transporte Marítimo

As emissões são geradas principalmente em função da potencia da instalação propulsora dos navios. Como todo sistema de combustão, os motores marítimos queimam um combustível derivado do petróleo para liberar energia. Isso envolve oxidação dos hidrocarbonetos, gerando emissões de gases, [Eyring et al., 2005b]. Os componentes principais são dióxido de carbono (CO_2), óxidos de nitrogênio (NO_X), dióxido de enxofre (SO_2), e material particulado. Eles se misturam com a atmosfera podendo alterar a sua

composição química, contribuindo de maneira significativa para a diminuição da qualidade do ar, repercutindo na saúde publica e o clima.

As emissões dos motores têm diversas conseqüências negativas para a saúde humana, entre os problemas mais comuns estão as dificuldades respiratórias, irritação pulmonar, bronquite crônica, edema pulmonar, dor da cabeça, alteração da percepção e pensamento, tontura, asma, ataque cardíaco, câncer pulmonar [WHO;2006], podendo produzir até a morte.

Cerca de 70% a 80% destas emissões se produzem dentro de uma distância de 400 km do litoral, ocasionando a morte de mais de 60.000 pessoas ao ano [OMI 2000; Corbett et al., 2007]. Isso ocorre porque a maioria dos navios faz rotas de cabotagem próximas ao litoral. Segundo este estudo, a cifra pode-se elevar em 40% para 2012 chegando assim a 84000 mortes prematuras ao ano.

As emissões dos navios também têm conseqüências negativas sobre o clima da terra já que contribuem de alguma maneira, ao aquecimento global; este tema é um dos principais desafios que enfrenta a humanidade neste momento. O principal gás que contribui para o aquecimento global é o CO_2.

Para controlar os gases de efeito estufa foi firmado, em 1997, o Protocolo de Kyoto, que é o mais importante acordo ambiental para combater o aquecimento global. Ele compreende seis Gases de Efeito Estufa (GEE): dióxido de carbono (CO_2), hidrofluorcarbonatos (HFC), perfluocarbonatos (PFC), hexafluoreto de enxofre (SF_6), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O). Basicamente o Protocolo é um acordo internacional cujo objetivo é reduzir as emissões dos seis gases entre os anos 2008 e 2012 em mais de 5% a nível mundial e em comparação ao ano 1990.

Dentre esses gases o CO_2 é o componente que é gerado em maior quantidade[IPCC; 2007]. O CO_2 passou de 280 ppm para 379 ppm em 2005 [UNCTAD;2008]. Os navios são uma fonte importante de geração de dióxido de carbono (CO_2), em 2007 só o transporte marítimo produziu 1,12 milhões de toneladas métricas de CO_2 [OMI; 2008].

Há uma série de estudos que contabilizam a quantidade de emissão de CO_2 gerada pelo transporte marítimo. Os dados de alguns destes estudos estão apresentados na Tabela 2 e há uma diferença marcante entre estes resultados, oscilando para os diferentes anos entre 419,3 e 1120 milhões de toneladas de CO_2; estima-se que representem de 1,6 a 4,1% das emissões mundiais de CO_2 resultante da queima de combustível (UNCTAD 2008).

Tabela 2 Estimativas do Consumo de Combustível e Emissões de CO_2 para o Transporte Marítimo

	Ano Base de Dados	CO_2 Milhões de Ton.	Combustível Milhões de Ton.	Prcemtagems de Queima Combustível Mundial
Estudo de GEE da OMI (2000)	1996	419,3	138	1,6
Corbett et al., 2003	2001	912	289	3,1
Endressen et al.,2007	2002	634	200	2,3
Eide et al.,2007	2004	704	220	2,6
AIE (2005)	2005	543	214	2
Eide et al.,2007	2006	800	350	2,9
Grupo de espertos da OMI (2007)	2007	1120	369	4,1
Estudo Atualizado da OMI (2008)	2007	843	277	3,1

As emissões vêm ligadas à qualidade do combustível, no transporte marítimo os dois principais combustíveis são os destilados e os residuais, sendo os destilados divididos em dois tipos: Marine Gas Oil (MGO) e Marine Diesel Oil (MDO), segundo a OMI no ano 2007 o consumo de combustíveis marinhos foi de 369 milhões de toneladas e poderia aumentar a 486 milhões de toneladas.

Propostas para a redução de emissões: Na indústria do transporte marítimo existem duas opções claras para a redução das emissões, as melhoras tecnológicas e as medidas operacionais.

No marco das medidas tecnológicas podemos apreciar que existem três linhas de investigação bem distintas dentro do escopo de redução de impactos ambientais produzidos pela atividade de transporte aquaviário.

Uma primeira linha consiste em otimizar as formas dos navios de modo a reduzir a resistência à propulsão e, em conseqüência, a potência de máquina requerida e o consumo de combustível. Segundo a OMI, pode se esperar uma redução das emissões, mediante a otimização do projeto hidrodinâmico de casco e hélice, gerando entre os dois uma redução de CO_2 do 5 ao 30%.

A segunda linha está relacionada ao aperfeiçoamento das atuais configurações de instalação propulsora, envolvendo: aumento do rendimento de hélices e da eficiência térmica de

motores; adequação do processo de combustão nos motores, com efeitos diretos sobre o consumo de combustível bem como da emissão de poluentes, alem de redução das emissões disponíveis no mercado como:

- HAM ou motor de ar úmido; consiste na injeção de ar com 100% de umidade reduzindo a concentração de oxigênio no cilindro, realizando a combustão sem variações significativa de temperatura; esta técnica é capaz de reduzir de 70 ao 80% de NO_X, [EEB, T&E, SAR, 2004].
- A emulsificação da água é um mecanismo de redução de NO_X como conseqüência da introdução de água à combustão, reduzindo a temperatura no processo. Segundo as pesquisas realizadas pela MAN (Exhaust Gas Emission Control Today and Tomorrow Application on MAN B&W Two-stroke Marine Diesel Engines) obteve-se uma redução de 10% para cada 10% de água pulverizada acrescentada.
- A Redução Catalítica Seletiva (SCR) é uma tecnologia usada há muitos anos [Eyring et al. 2005b]; consisteem um sistema para o tratamento posterior dos gases de escape, reduzindo as emissões de NO_X em 90%, [EEB, T&E, SAR, 2004], além de reduzir as emissões de HC (hidrocarbonetos) e CO (monóxido de carbono) em 80 a 90% [Eyring et al. 2005b]; normalmente exige o uso de um combustível de baixo conteúdo de enxofre.
- A recuperação de calor residual se mostra como uma das formas mais eficientes já que logra reduzir os gases de escape como o CO_2 e NO_X , contribuindo com a meio ambiente. Consegue-se, assim, uma redução do consumo de combustível do navio, o que proporciona uma maior competitividade no mercado; esta tecnologia está instalada nos motores Wärtsilä, *WASTE HEAT RECOVERY (WHR)* e da MAN B&W, *THERMO EFFICIENCY SYSTEMS (TES)*, permitindo aumentar em 12% a energia que poderia ser utilizada em serviços a bordo.

A terceira linha implica em uma mudança mais radical: substituição das fontes convencionais de energia para a propulsão por fontes não poluentes, exigindo o desenvolvimento de novas tecnologias, bem como de alterações significativas nas formas dos navios. Entre ela já está disponível no mercado a energia eólica que poderia trazer uma

diminuição do consumo de combustível; a companhia SkySails conseguiu combinar a tecnologia com um parapente, criando um sistema de propulsão aerodinâmico, que é fixo a uma estrutura sólida e pode ser facilmente recuperado. As vantagens mais importantes são a redução dos gastos de combustíveis até em 50% e o aumento da velocidade em 10%.

A conexão de eletricidade ao porto, enquanto o navio está atracado no terminal, reduziria em quase o 100% as emissões, beneficiando a qualidade do ar na região.

As medidas operacionais estão relacionadas com a eficiência do navio e, como as emissões de gases estão ligadas à quantidade de combustível consumida, é importante a adoção de medidas para economizá-lo; as medidas mais importantes consistem em: correta escolha da velocidade da frota (segundo a OMI a diminuição do 10% da velocidade da frota mundial reduzira em 23,3% as emissões de CO_2,), a correta seleção da rota, com base em previsões climatológicas corretas, maximização da capacidade do navio, navegação com lastro mínimo e manipulação ótima da carga. [OMI; 2000].

Em julho do 2008 o barril de petróleo chegou a custar mais de 145 dólares americanos, [bunkerworld 2009] trazendo como conseqüência o aumento dos preços dos combustíveis em geral. Para combater a alta dos preços as companhias marítimas tomaram a decisão de reduzir a velocidade operacional do navio, isso foi bom já que se conseguiu reduzir as emissões, mas na atualidade o preço do barril de petróleo oscila na faixa de 70 dólares americanos.

Normatividade Vigente: Na atualidade as emissões dos motores principais e auxiliares estão reguladas pelo Anexo VI da MARPOL 73/78 “Regras para a Prevenção da Poluição do Ar Causada por Navios”, as quais entraram em vigência em 19 de maio de 2005, mas foram concebidas em 1997.

Entre as principais regras estão a inclusão de um valor máximo de 4,5% no conteúdo de enxofre nos combustíveis marítimos Além disso, em áreas especiais considera-se que o conteúdo de enxofre não deva exceder 1,5%; entre as áreas especiais estão o Mar Báltico, Mar do Norte etc.

Mas, com o tempo, as porcentagens vão diminuir, passando a 3,5% (1 janeiro 2012) e, finalmente, a 0,5% (1 de janeiro 2020); no caso das áreas especiais as reduções serão mais drásticas com 1% (1 julho 2010) e 0,1% (1 julho 2015).

Para o caso de emissões de NO_2, a norma esta dividida em três etapas: para navios construídos entre1 de janeiro 2000 e 1 de janeiro 2011 (TIER I), elas não deverão exceder 17,0 g/kW h, para motores com rotação (n) inferior a 130 RPM, 45,0 x $n^{-0,2}$ g/kW, quando *n* estiver na faixa de130 a 2000 RPM, e 9,8 g/kW h, quando *n* estiver acima de 2000 RPM. Para navios construídos a partir de 1 de janeiro 2011 (TIER II), as emissões de NO_X não deverão exceder 14,4 g/kW h, para motores com rotação inferior a 130 RPM, 44,0 x $n^{-0,2}$ g/kW, quando *n* estiver de130 a 2000 RPM e 7,7 g/kW h, quando *n* estiver acima de 2000 RPM. Para navios construídos a partir de 1 de janeiro 2016 (TIER III) as regulamentações serão mais drásticas com um limite de 3,4 g/kW h, para motores com rotação inferior a 130 RPM, 9,0 x $n^{-0,2}$ g/kW, para motores de130 a 2000 RPM e 2,0 g/kW h, para *n* acima de 2000 RPM.

Navio Ecológico - amigável para o meio ambiente

Ter um "Navio Ecológico" denota que o navio deve operar com tecnologias limpas, ter estratégias de reciclagem, assim como prevenção de resíduos; esta concepção começa no projeto do navio, segue pela construção do navio continua com a operação e finaliza com a deposição do navio.

Na fase de projeto é muito importante que se estabeleça concepção de transporte marítimo sustentável, na fase de construção impõe-se o emprego de materiais de qualidade e ecológicos, e na fase operacional deve-se ter os cuidados com a boa manipulação da carga, um correto plano de gestão de resíduos líquidos, sólidos ou emissões.

Na parte operacional pode-se incluir também a instrução da tripulação, já que dela depende o correto funcionamento do navio e dos planos de gestão de resíduos. Ter o conceito claro das conseqüências geradas pelo navio ajudará a conseguir chegar à meta de um transporte sustentável.

Conclusões

O navio é um sistema muito complexo, que por um lado é a coluna vertebral do comércio internacional e, por outro lado, gera uma grande quantidade de poluentes em suas operações, seja pela falta de um projeto consistente, com o emprego de tecnologias adequadas, seja pela gestão ineficiente das operações ou pela falta de uma regulamentação

apropriada e também por educação e investimento na propagação de informações para a tripulação.

Ainda esta longe o conceito de "Navio Ecológico", mas é possível melhorar a situação atual; para isso é preciso definir novas estratégias globais para minimizar os impactos ambientais.

As águas cinzas, águas residuais, águas oleosas, e resíduos sólidos, são os contaminantes gerados pelos navios cujos efeitos podem ser reduzidos com a adoção de melhores praticas de gestão de resíduos. Para isso o porto tem um papel muito importante, com o fornecimento de instalações de recepção adequadas somado a programas de sensibilização e educação para a gente de mar.

O conceito de reuso e reciclagem está em auge na atualidade; estes conceitos devem ser tomados com mais seriedade nos navios, o reuso da água cinza ou águas oleosas geraria um ramo econômico importante.

Programas como a redução das velocidades, traçado de rotas mais adequadas, uso de combustíveis alternativos, emprego de energia eólica, conexão de eletricidade à terra, recuperação de calor residual vão contribuir para a redução das emissões.

Referências

- Air pollution A briefing document by: The European Environmental Bureau (EEB) The European Federation for Transport and Environment (T&E) Seas At Risk (SAR) The Swedish NGO Secretariat on Acid Rain Updated November 2004
- BUNKERWORLD 2009; website http://www.bunkerworld.com/prices/ pesquisado no dia 10 agosto 2010.
- Corbett JJ, Winebrake JJ, Green EH, Kasibhatla P, Eyring V, Lauer A. 2007. Mortality from Ship Emissions: A Global Assessment. Environ Sci Technol.
- Eyring, V., Köhler, H. W., Lauer, A., and Lemper, B. 2005b. Emissions from International Shipping: 2. Impact of Future Technologies on Scenarios until 2050.
- Exhaust Gas Emission Control Today and Tomorrow Application on MAN B&W Two-stroke Marine Diesel Engines.
- GESAMP 2007 Estimates of Oil Entering the Marine Environment from Sea-based Activities.
- GESAMP 2005 Joint Group of experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection.

- Guimarães Monteiro Aline, Metodologia de Avaliação de Custos Ambientais Provocados por Vazamento de Óleo o Estudo de Caso do Complexo Reduc-Dtse, 2003.
- Hespanhol Ivanildo, Um Novo Paradigma para a Gestão de Recursos Hídricos, 2008.
- Hinojosa IA, Thiel M Floating Marine Debris in Fjords, Gulfs and Channels of Southern Chile. Mar Pollut Bull, 2009.
- Heinrich Schmid Manager, Application Technology, Ship Power Wärtsilä Switzerland Ltd, Winterthur Less Emissions Through Waste Heat Recovery 2004
- IPCC (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group
- Juliana A. Ivar do Sul, Ângela Spengler, Monica F. Costa, Here, there and everywhere. Small plastic fragments and pellets on beaches of Fernando de Noronha (Equatorial Western Atlantic), 2009.
- MARPOL 73/78 (2002). International Maritime Organization. International Convention for the prevention of pollution from ships, 1973, as modified by the protocol of 1978.
- Nowlan, L. & I. Kwan, Cruise Control – Regulating Cruise Ships Pollution on the Pacific COSAT of Canada, 2001.
- OCEANA 2004, Contamination by Cruise Ships.
- OCEANA 2003, The other side of oil slick. The dumping of hydrocarbons from ships into the seas and oceans of Europe.
- OMI 2000; Study on Greenhouse Gas Emissions from Ships.
- OMI 2008 Prevention of Air Pollution From Ships Updated 2000 Study on Greenhouse Gas Emissions from Ships.
- PNUMA 2005. Marine Litter, an analytical overview.
- Piniella F., Rasero J., and Aragones J. 2005 Maritime Safety Control Instruments in the era of the Globalization, 2005.
- Sheavly S.B. (2005). Sixth Meeting of the UN Open-ended Informal Consultative Processes on Oceans & the Law of the Sea. Marine debris – an overview of a critical issue for our oceans.
- Sub-Committee on Bulk Liquids and Gases (2007) Review of MARPOL Annex VI and the NOx Technical Code.
- Sullivan-1996. The Marine Encyclopedic Dictionary.
- UNCTAD, United Nations Conference on Trade and Development, Review Of Maritime Transport 2008.
- WHO-Europe. 2006. Air Quality Guidelines: Global Update 2005.

Variations on Transverse Stability of Fishing Vessels due to Fishing Gear Pull and Waves

Mantari, José Luis; **Ribeiro e Silva, Sergio**; **Guedes Soares, Carlos**

Centre for Marine Technology and Engineering (CENTEC),

Technical University of Lisbon, Instituto Superior Técnico

Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, PORTUGAL

guedess@mar.ist.utl.pt

ABSTRACT: A critical review of IMO transverse intact stability criteria (IMO IS Code 2008) for fishing vessels is presented. The reduction of dynamic transverse stability of fishing vessels due to the fishing gear pull moment has been investigated and hazards associated with the pure loss of transverse stability in longitudinal waves has been also pointed out. In this study, first a set of fishing vessels from the Portuguese and Peruvian fleets has been considered to evaluate the intact stability in longitudinal waves. Secondly, the transverse stability results of fishing vessels operating in the Pacific and Atlantic Oceans have been compared with the IMO IS Code 2008 and other applicable rules. Hence, conclusions were drawn and comments were made about IMO present aims with respect to prevention of capsizing due to fishing gear pull and importance of weather criterion in beam waves. Finally, some recommendations on utilization of different kind of fishing gears are presented taking into account their influence onto fishing vessel's transverse stability.

Keywords: Intact stability, IMO IS Code 2008, fishing vessels, fishing gear loads, weather criterion, stability variations in waves.

1. Introduction

According to IMO, there are in the world approximately 56 000 fishing vessels with length over 24m and hundreds of thousand small fishing vessels below 24m. The IMO, FAO and some Classification Societies have some records or data of the world fishing vessels, but no representative and trusted database about casualties of fishing vessels is available, mainly because the fishing vessel activities are conduced far away from the coasts, these accidents sometimes are quite fast and sometimes there is no way to know. Although the database of the IMO can be representative, there are many accidents at the sea that are not reported properly, making difficult definitive studies due to the uncertainties about how may ships or fishing vessels were actually lost.

The marine activity in general and the fishing sector in particular, is one of the most dangerous activities with a high rate of mortality. An average of 24000 fishermen loses their lives every year, according to Petursdottir et al. (2001). A clear example, not made public, is the Peruvian fishing fleet that in the last year has suffered more than 14 decked fishing vessels accidents and innumerable undecked small fishing vessels accidents. Capsizing of fishing vessels is one of the biggest risks, mainly due to the high number of fatalities that often cause, see Figure 1. Therefore, even when statistics give low percentages of occurrences related to capsizing for dynamic stability, safety of fishing vessels, particularly small ones, remains a subject of great importance, which has been confirmed by the intense regulatory activity carried out by the IMO.

However these intense regulatory activities were based on a statistical classification of individual scenario of capsizing (failure) and did not show, actually, the real scenario of failure. In general there is more than one individual scenario involved in a capsizing event.

The IMO IS Code 2008 does not include the fishing gear criterion; only the old and well-known recommendations are given, in this respect, in the part B (IMO MSC.267(85) (2008). These regulations (criterion) do not address the full mechanism of failure, so still some fisheries need to solve their problems in their own ways. Some fishery countries still have abundant sources and increased machinery on decks of the fishing vessels and the weather conditions is not critical (the diversity of behaviors of the four basic elements is variable and depend of each fishery, as show in section 2).The importance of the optimal ship design mentioned by Womack (2002), which was supported by Kuo (2009), should be consider.

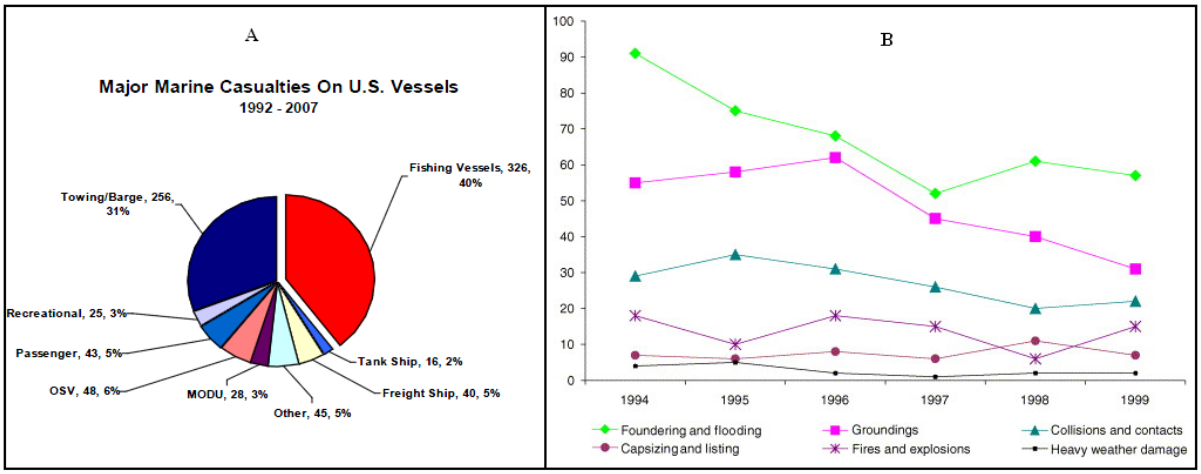


Figure 1. Fishing vessels casualties from 1992 to 2007, Dickey (October 2008) (A, left side). Accidents of fishing vessels of accident type, Wang et al. (2005) (B, right side)

Fortunately, nowadays, the developments of computer technologies and of sensors allow the monitoring of ship responses with the use of several devices that can be integrated in a bridge decision support system that allows masters to monitor dynamically the stability of fishing vessels (Kose et al. 1995). A computer system on board can not only monitor the course of the ship in rough water but also the load on fishing gears, devise of safety in the hydraulic system, etc. The accidents of fishing vessels occur no only by the failure of the fishing vessels, but also when the crew are in fishing trip, so the importance of these measurements for a quick response of the master at these circumstances.

An ongoing research project “Decision support system for the safety of the fishing vessel subjected to waves”, will develop a decision support system capable of providing guidance on the most appropriate actions to be taken when a fishing vessel is operating in bad weather conditions. These conditions include large beam waves, following and quartering seas, breaking waves, but also extreme forces developed during the fishing operations such as loads due to fishing gear and water-on-deck. This study represents an initial effort in that project by studying a set of fishing vessels from the Portuguese and Peruvian fleets, with different configurations and modes of operation in order to have a better understanding of the range of changes in stability characteristics that can be expected and in this way guide the design of the decision support system.

As parameter of comparison, for the decision support system, it is necessary to have all the modes of failure due to individual or combinated event, so in order to guide the decision for a

real situation there is still a lot of work to do. The first part of this paper presents a critical review of IMO IS Code 2008. In the second part the variation of righting lever that produce changes of stability is determined using a commercial software, and it is made considering longitudinal waves with the crest or with the trough amidships and with the wave generated by the ship motion, which will be denoted here as crest, trough and own waves. In the third part of this paper the heeling moment due to fishing gear loads, gusty wind and combination of them is calculated and compared with each other, for these purpose two different criteria's are used: the submission of the Soviet Union delegation to the Subcommittee on Safety of Fishing Vessel in 1979 (IMO 1979), and an interesting paper published by Macchii et al. (1989), where experimental results are also given. Also in this paper a clear distinguishing about sea characteristics (Atlantic and Pacific Ocean), hull forms, and sizes characteristics are made based in the difference of countries, Portugal and Peru. Finally some conclusions were drawn about the context of the paper.

1.1 Accidents in fishing vessels

The Portuguese fleet of fishing vessels is currently less than 10000 vessels, of which over 9000 have length less than 12m. The Peruvian fleet of fishing vessel is composed by what they call industrial and artisan fleet, the last one are these fishing vessel with store capacity less than 32.4 m^3. According to the studies made by the FAO in 2001 there are 771 industrial fishing vessels and 6300 artisan fishing vessels, but recent studies made by the SSPA (FAO) (2008) show that the currents fleet is about 1600 industrial and 10000 artisan fishing vessels. In Peru the industrial fleet is mainly purse seiners, but in the artisan fishing fleet like in Portugal and Spain the fishing art are diverse.

In Portugal the predominance of small fishing vessels in the national fleet provides yet a higher level of issues relating to health and safety at work which are due to cultural aspects. For a period of 20 years there have been nearly 40,000 claims of which resulted in more than 350 deaths. According to Antão and Guedes Soares (2004), there is a real need to improve the operation and safety of small vessels, because they represent 89% of accidents in the sample studied. In the Peruvian fishing vessels fleet, despite the dimension of the fleet, there is no study of the accidents in fishing vessels made public, despite the more than 14 fishing vessels that capsize in the last year, mainly due to fishing gear overloading. There are studies

reported by DICAPI in Peru, but still research is needed in this topic to clarify about the consequences of such accidents.

The fishery regulations are complex and have changed over time. As the regulations change, the number of vessels that operate in a fishery and/or the number of days that vessels may operate will be affected, with a corresponding change in casualty risk or "exposure". For example, some months ago Peru has been converted from "open access" to "individual fishing quota" (IFQ) management plans. IFQ's have reduced the number of vessels that may operate in those fisheries. Thus, the overall risk of vessel casualties is reduced. Research has confirmed that the IFQ management plan is safer than open access (Dickey 2008). However, it could be also dangerous when abundance of sources (that is expected when a most dispersed fleet finds a representative school of fish) and overdimensioned machinery on deck.

1.2 Regulations for stability in fishing vessels

The evaluation of the stability of fishing vessels has traditionally been made through the criteria described in the Torremolinos Convention (1977), which applies to vessels with deck longer than 24m. Strictly speaking, this agreement does not come into force due to their not signing by major maritime nations. Until June of 2009 only 17 states have ratified the protocol with only 19.78% of the tonnage, so this also is not in force.

Meanwhile, the International Maritime Organization has developed several recommendations for safety in the fisheries sector. Most of these regulations, voluntary in nature, adopting the recommendations of the Torremolinos Convention, but there are some rules and regional agreements in force for each country or region of the world. In Portugal, the safety requirements for fishing vessels are found in Decree-Law 155/2003 which transcribes the Torremolinos Convention, amended by the Protocol of 1993, applicable and vessels over 24m. The basic criterion of stability used in almost all these rules, are similar to these from the IMO criterion. Peru uses the Torremolinos convention with additional modification, for example, the minimum GM for fishing vessels is 0.9m.

2. Critical review of the Intact Stability Code 2008 (IS Code 2008)

The Maritime Safety Committee at its 85th session (MSC 85) adopted the International Code on Intact Stability (2008 IS Code), the most significant change in comparison with the original version of the code adopted in 1993 is that the part A of the 2008 IS Code is

mandatory under 1974 SOLAS Convention and the 1988 LL Protocol, which are expected to enter into force on July 1 2010. There are not significant changes in the stability criteria in general, it is practically the same statistical criteria based on analysis of details relevant to the causalities and Rahola diagram adopted by the IMO resolution A.167 (ES.IV) in 1968, and little changes with respect to the well known weather criterion (several wind and rolling criterion) adopted by resolution A.562(14) in 1985.

Reviewing the IMO-MSC.267(85) (2008) and MSC.1/Circ.1281 (IMO 2008b), it looks like IMO is still trying to keep focusing on analysis of details relevant to causalities, analysis of stability parameters using Rahola method to assess the intact stability code for the "development new-generation intact stability code" currently underway, even when current IMO criterion were questioned by several authors some years ago, for example the paper of Womack (2002) and Atua (2003), additionally their statistical methodology was also questioned by Kobylinski (2009). Kuo (2009) pointed out the importance of having different stability criterions for different kinds of ships and oceans.

Statistical classification of individual scenario of capsizing (failure) studied by the IMO did not actually show the real scenario of failure. Mostly there is more than one individual scenario involved in a capsizing or these causalities often occur in a combinated effect. Wockman (2002) pointed out that the cases involving pure capsizing without other factors present are quite rare. Pérez-Rojas et al. (2007) indirectly reached also this conclusion in experimental test of small fishing vessels that had great difficulties in the fulfillment of the IMO stability criteria but did not capsize. Similar experimental results were also given by Maron et al. (2009).

As mentioned by Atua (2003), the combined effect of all probable factors affecting the heeling moment on fishing vessels such as the resulting from the wind rolling, trapping water on deck, hauling or pursing a fishing gear, direction of the force when trawling, structural damage due to steep waves, crew mistakes, etc are involved in a fishing vessel failure. These ideas are supported by Kobylinski (2009), in the sense that not only the "environment" basic element should be considered in the ship stability analysis in general, it should consider the four basis elements: ship, environment, cargo and operations.

Few papers were published considering all these basic elements, most of them include two basic elements, but a representative one was developed by Taylan (2003) where wind and

wave, in a simplistic way, were considered and the concept of safety margin was also given. Laranjinha et al. (2002) included water on deck and waves in their calculations. Most of the recent researches, as mentioned before, combined only ship and environment (mostly waves), however the statistics shows that failure of a ship in general and fishing vessels in particular occurred where combinated effect are present (Wang, 2005).

As a first attempt to show how dangerous could be a combinated effect of wind, wave and operations of fishing arts and how a fishing vessels can reach failure, some calculations were done by Mantari et al. (2009). Although these calculations are simple, and from the quasi static point of view, they basically show: (a) the well-known variations of righting arms and restoring energy of fishing vessels with different sizes (where it is possible to notice the scalability problems) and hull forms, (b) the predominance of fishing gear pull over weather criterion, and the failure of a fishing vessels due to combinated effect of wind, wave and fishing gear.

The development new-generation intact stability criteria is now underway based on a series of clarified concepts about stability failures (in relation to the consequences and the modes), types of criteria (deterministic or probabilistic, parametric or performance based), vulnerability criteria, and so on. Distinction between conventional and unconventional ships is to be determined with vulnerability criteria, which is a criterion of great importance to improve the ship safety, or making safety improvement cost-effective against modes of criteria no cover by the present criteria (Francescutto 2007). The following modes are the most frequents according to the IMO, (1) restoring arm variation problems such as parametric excitation and pure loss of stability; (2) stability under dead ship condition defined by SOLAS regulation II-1/3-8; and (3) maneuvering-related problems in waves such as broaching-to (Umeda (2009) and IMO 2008a).

3. Intact Stability of Portuguese and Peruvian fishing vessels

The sea waves are irregular, and despite the regular wave approximation being unconservative (Umeda et al. 1999), for reasons of simplicity this paper uses the well known crest, trough and own sinusoidal wave to study their effect in the stability of fishing vessels. In order to reach large variation of righting arms, it is common practice to use the wave length to ship length ratio around 1 and wave steepness equal to 1/10, as pointed by several authors also recommended by the IMO-MSC.1/Circ.1200 (2006).

The current IMO weather criterion, utilizes the energy balance method adopted in Japan without major modifications. This paper assumes that a fishing vessel with a steady heel angle due to steady wind has a resonant roll motion in beam waves. Then, as a worst case, the fishing vessel is assumed to suffer gusty wind and fishing gear loads (if they exist) when she rolls toward windward. In the case of the resonant roll, roll damping moment and wave exciting moment cancel out. Thus, the energy balance between restoring and wind heeling energy can be validated around the equilibrium point. Furthermore, at the final stage of capsizing the effect of wave exciting moment can be consider to be small, since no resonance mechanism exists near the angle of vanishing stability. To calculate the fishing gear effect the two methods are used, as mentioned before.

3.1 Transverse stability in longitudinal waves

The intact stability in longitudinal waves, rather than in still water, gives a better idea of the changes of restoring energy of the ship in trough, own and crest waves (see Figure 2). In order to calculate the changes of stability by means of variation of righting arm, GM and restoring energy, it is convenient to use commercial software or the equations presented in the proposal of new generation intact stability criteria, submitted by Japan (IMO-SLF 51/4/3). In this paper all the calculations related to the first part of this study were carried out using commercial software.

Consider the righting arm with respect to the relative position of ship in waves $\overline{GZ}_{t(wave)}$ on longitudinal wave profiles. As mentioned before by several authors, $\overline{GZ}_{t(wave)}$ decreases with the wave crest aligned with amidships and increases with the wave trough aligned with amidships, in comparison with the still water righting arm $\overline{GZ}_{t(still)}$. Moreover, the righting arm for the vessel in her own wave due to advance speed has also a slight reduction in comparison with the still water righting arm. For example, Figure 2 shows the righting arm curves of a Peruvian and Portuguese fishing vessel “FV 14 and FV 4” (described in Table, section 4) referring to the ship on the wave crest $\overline{GZ}_{t(crest)}$, on her own wave $\overline{GZ}_{t(own)}$, wave trough $\overline{GZ}_{t(trough)}$, and in still water.

The longitudinal and quartering seas are some of the most critical conditions that should be analyzed and are applicable to all kind of ships. There are interesting studies about fishing vessels considering longitudinal and quartering seas. Experimentally and numerically the changes of stability in longitudinal waves that induces parametric resonance was studied by

Hamamoto and Panjaitan (1996), Umeda et al. (1999), Neves and Rodriguez (1999, 2006, 2007), Pérez-Rojas et al. (2003, 2006), Ribeiro e Silva et al. (2004) and several authors; Umeda et al. (1999) studied experimentally two fishing vessels and came to the conclusion that quartering seas are more dangerous than head seas and can lead to more capsizing.

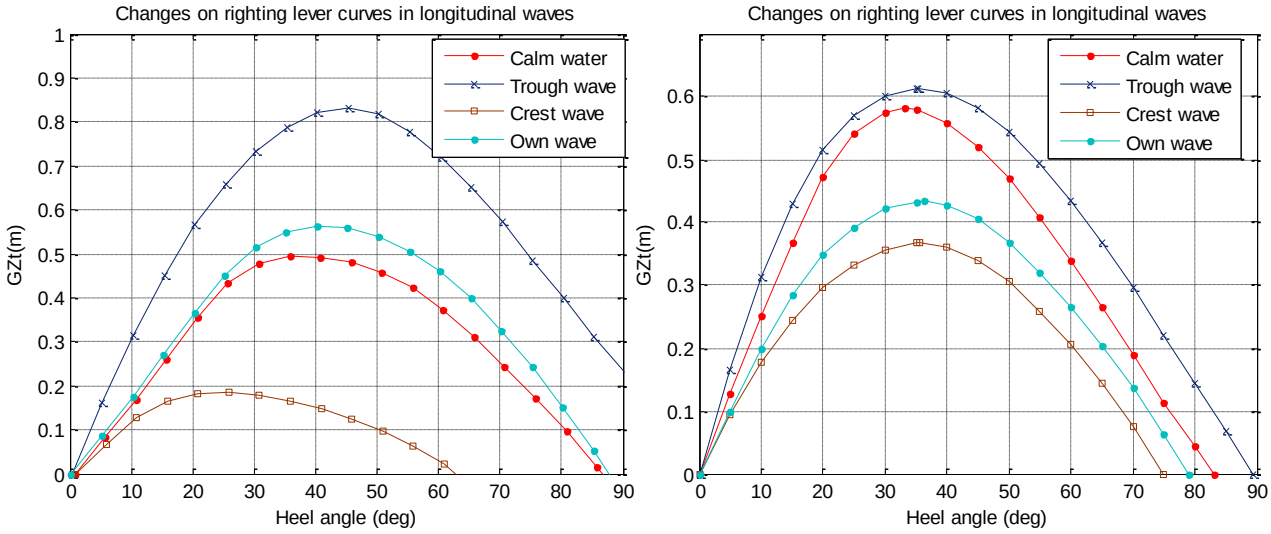


Figure 2. Changes on righting arm curves in longitudinal waves for a Peruvian and Portuguese fishing vessel (FV 14 and FV 4, respectively)

3.2 Transverse stability in beam wind and rolling

The basic principle of the IMO rough weather criterion is the balance between restoring and inclining energy in beam waves and wind, assuming certain roll amplitude that takes into account the excitation moment due to waves. The criteria are used to determine fishing vessel performance in beam seas and strong winds. These criteria assume that a fishing vessel has taken a large roll to windward from a passing beam wave. After the wave crest passes the vessel quickly rolls to the upright position due to both the wind pressure on the lateral plane and the backside of the passing wave. In Figure 3, the Area "A" represents the amount of energy associated with the inclining moment that acts to snap roll the fishing vessel back upright, after the beam wave passes. Area "B" is the restoring energy available to counter the fishing vessel rollback. θ_1 is the angle of roll to windward due to wave action, and θ_2 is the angle of downflooding or the angle of second intersect between steady wind lever l_1 and righting arms curve θ_c or 50 deg, whichever is less.

The intent of the weather criterion was that the vessel's stability should be adequate to survive full ocean storms, even if the vessel is limited to work near coastal areas. This may

not appear to be a problem at first glance; the vessels would just have excess stability, but the design is not optimal, so the consequences behind this excess (Wockman, 2002) (fishing vessels design with excessive stability make the crew a wrong or false interpretation of safety of their ship). In other cases, the criteria are not sufficient to reflect individual stability weaknesses in a vessel (like the problems of scalability for small boats compared with those more than 100m or the overloading of fishing gear of a fishing vessel).

Taking into account the importance of optimal designs of fishing vessels, this paper considers such suggestions and uses the appropriate wind speed to evaluate the intact stability in critical conditions. Figure 3 shows the highest 1/1000 value of significant wave height and wind speed (data computed every 6 hours, for a period of 10 years, January 1997 to December 2006). The hindcasting data was computed by means of third generation wave higcasting model of Global Climate by Japan Weather Association (JWA3G) (Ogawa 2009). Both graphics are important in this study because they show the characteristics of two different fishing areas. Portugal exclusive fishing area has highest value of wave and wind speed, approximately: 12m and 26m/s, respectively, compared with Peru (6m and 15m/s), as shown in Figure 3.

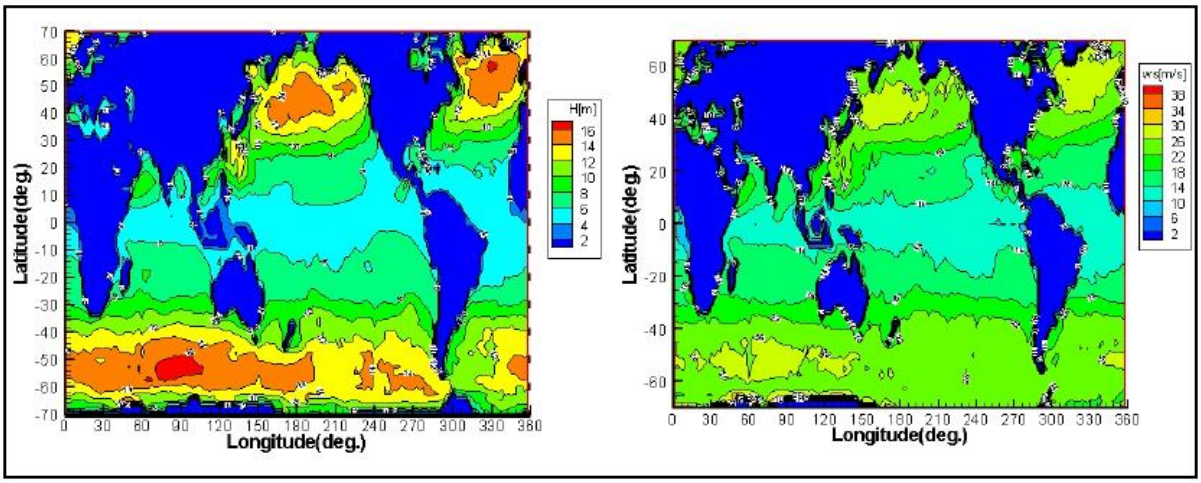


Figure 3. Contour of highest 1/1000 value of wave height (left side) and wind speedy (right side) (annual), (Ogawa 2009)**.**

The Japanese criterion is applied to ships engaged in restricted services with the values of wind speed, wind pressure P and calculation formulae of wave steepness “s” for Costaing-I, Costaing-II and ocean ongoing of ships as shown in IMO SLF 51/4/1 (2008). The Peruvian fleet operate mainly inside his Exclusive Economic Zone (5 to 200 miles from shore), but the Portuguese fleet is still international (Santos et al. 2008), which means that the values of

wave height and wind speed found in the paragraph before are again supported by Japanese criterion.

3.3 Transverse stability due to fishing gear loads.

Pelagic trawling and purse seining require considerable skills to precisely control a fishing vessel and her gear. It is important to note that it is very rare, except in special cases, that the heel caused by wind only would endanger a fishing vessel (Gefaell, 2005). Usually what happens is that stability is lost when there is an unusual combination of wind, waves and fishing loads. An interesting research even highlighted that there are more fishing vessel accidents during the fishing and recovery of gear operation (Wang et al. 2005) than in heavy weather. These two arguments and those criteria developed by IMO Subcommittee on safety of fishing vessels (IMO 1979) motivated this work.

In 1965 the IMO subcommittees on safety of fishing vessels discussed about the inclusion of a normalized heeling moments due to fishing gear pull. After some brief investigation the subcommittee felt that there was no need for any special criteria for fishing vessels related to the action of fishing gear pull.

The current purse seiners, for example, have fishing gears that put in danger a fishing vessel quite easily, mainly for those which still use the power block in a high position. As reported before (IMO 1979) the increase of power of the machinery, in general, increases the heeling moment until a point that weather criterion is not the only way to guaranty the stability of the fishing vessel in operation. However, nowadays in some countries, for example Peru, there is still a tendency to increase the power of the machinery like the main engine, winch and power block.

Two interesting research works were a basis for the main contribution in this paper, the first published by Macchii et al. (1989) and second by the Soviet Union delegation and submitted to the Subcommittee on Safety of Fishing Vessel in 1979 (IMO 1979), but here they are applied to a traditional pelagic pure seiner. Due to lack of space trawlers are not discussed here (see Figures 4 and 5).

It is important to differentiate between the American and European purse seiners, because they have different fishing gears. A classical American purse seiner has mainly two devices for fishing. The winch which has the function of hauling the purse wire (process called Pursing), produces a load in the purse gallows that is represented as P2 in Figure 5. The

power block has the function of fish leaning toward the side of the vessels, collect the buoys and the rest of the upper net (process called Hauling); the power block produces a load that is represented as P1 in Figure 5.

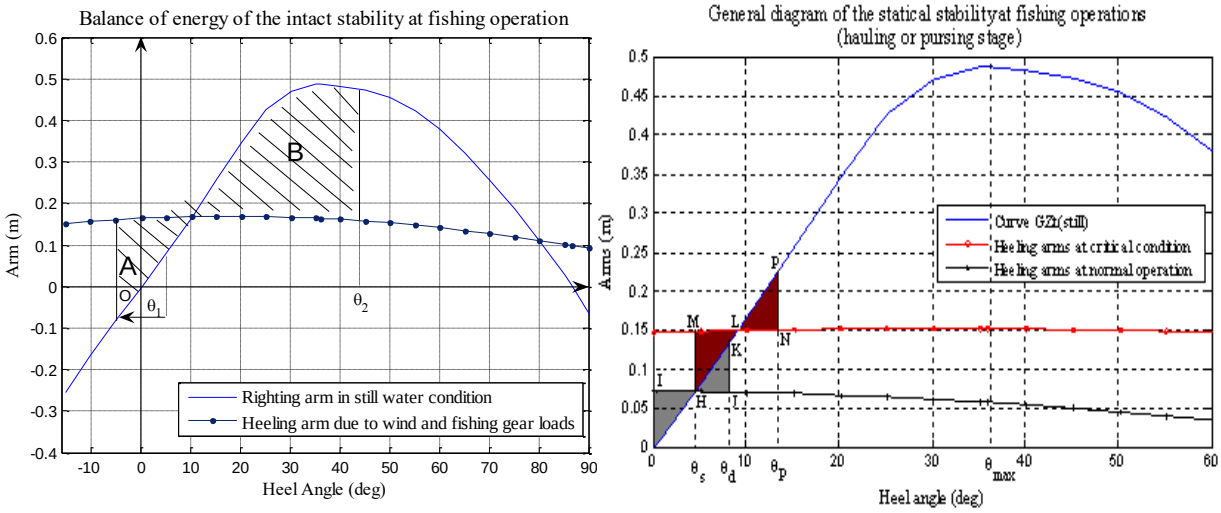


Figure 4. Balance of energy for the weather criteria including fishing gear pull (left side), and general diagram of the statical stability at fishing operations (right side)

Two different simplified scenarios for the calculation of the heeling moment due to fishing loads are shown in Figure 5. The equations 1-5 describe the procedure to calculate the heeling moment due to fishing gear pull using the research work done by Macchii et al. (1989) and the equations from 6 to 13 describe the same procedure but using, as reference, the submission of the Soviet Union delegation to the Subcommittee on Safety of Fishing Vessel in 1979 (IMO 1979).

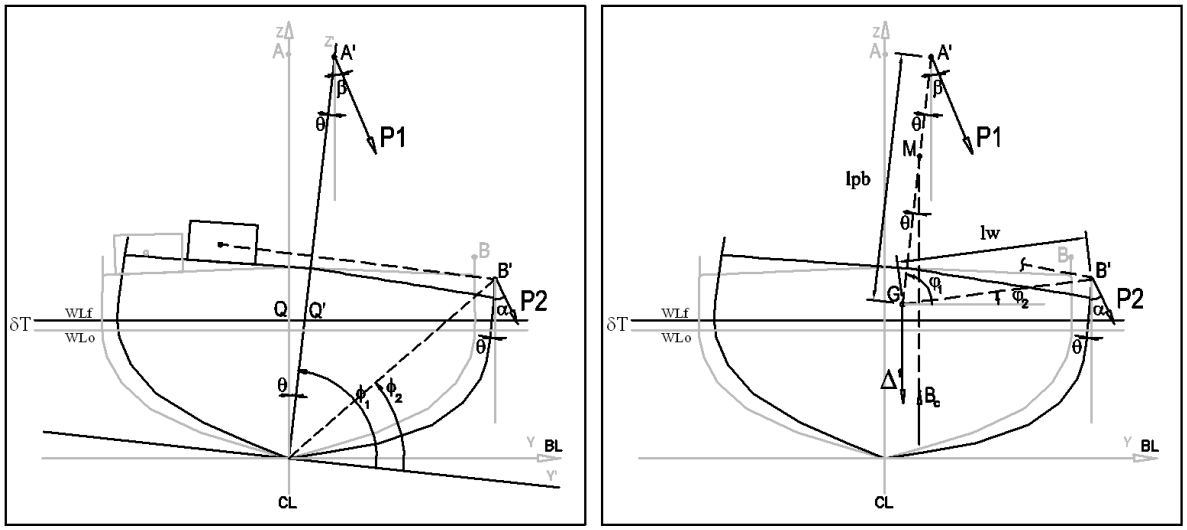


Figure 5. Gear loads on a traditional pelagic purse seiner.

Considering the first case, Figure 5 (right side) will be a representative scenario to calculate the heeling moment due to fishing gear pull. In this case, it can be understood as a normal fishing operation and suddenly the gusty wind appears, so the balance of energy is as illustrated in Figure 4 (right side).

To find the static angle of equilibrium of a fishing vessel that is in the range of initial stability (as the angle θ is indefinitely diminished, M tends to a limiting position termed the metacentre), it is possible to derive the following expression after the equilibrium between heeling moment and static stability, as shown below.

$$F \cdot \cos\alpha \cdot l \cdot \cos(\varphi - \theta) = (\Delta + F \cdot \cos\alpha) \cdot \overline{GZ} \tag{1}$$

where F could be P1 or P2 in accordance with the fishing operation, in this case hauling and pursing, respectively. The angle "α" is use when the fishing vessels is pursing, and it is replaced by β when the fishing vessel is hauling. The angle "φ" is φ_1 when pursing, and φ_2 when hauling, because normally the hauling (described before) is after the pursing. However when the net is fastened in the sea bottom, both winch and power block could get tensed, which is one of the most critical fishing operation condition.

After a simple modification, this expression can be represented as:

$$\theta_S = arcctg\left(\frac{(\Delta + F \cdot \cos\alpha) \cdot GM + F\cos\alpha \cdot l \cdot \sin\varphi}{F\cos\alpha \cdot l \cdot \sin\varphi}\right) \tag{2}$$

which is the static equilibrium angle of heel, where $\theta = \theta_s$ and $\overline{GZ} = GM \cdot \sin\theta$

The dynamic angle of heel is based on the equilibrium between the work done by the heeling moment and dynamical stability, similar to equation 1, as expressed below.

$$\int_0^{\theta_d} F \cdot \cos\alpha \cdot l \cdot \cos(\varphi - \theta) \cdot d\theta = \int_0^{\theta_d} (\Delta + F \cdot \cos\alpha) \cdot \overline{GZ} \cdot d\theta \tag{3}$$

After a simple simplification and modification, this expression can also be expressed as:

$$\theta_S = 2arcctg\left(\frac{(\Delta + F \cdot \cos\alpha) \cdot GM + F\cos\alpha \cdot l \cdot \sin\varphi}{F\cos\alpha \cdot l \cdot \sin\varphi}\right) \tag{4}$$

Finally, relating the expressions 2 and 4,

$$\theta_d = 2\theta_S \tag{5}$$

With equations 1-5, it is possible to find the static and dynamic angle, and indirectly the heeling moment due to fishing gear forces and finally to evaluate the energy balance. However, to calculate the heeling moment due to fishing gear, the procedure shown in the following equations (6-13), is more reasonable.

This second case can be understood as a fishing operation with wind, and suddenly the fishing gear forces and gusty wind are included as worst condition. This consideration uses a coordinate system xyz fixed in space, and a coordinate system attached to the vessel x'y'z'.

As illustrated in Figure 5, after an angular displacement θ the following orthogonal coordinate transformation matrix [T] is applied to describe the position of points A', B' and Q' fixed to a FV:

$$\begin{bmatrix} Y_{A'} \\ Z_{A'} \end{bmatrix} = [T]\begin{bmatrix} Y_A \\ Z_A \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} Y_{B'} \\ Z_{B'} \end{bmatrix} = [T]\begin{bmatrix} Y_B \\ Z_B \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} Y_{Q'} \\ Z_{Q'} \end{bmatrix} = [T]\begin{bmatrix} Y_Q \\ Z_Q \end{bmatrix}$$

where: $T = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix}$ (6)

The moment due to fishing net load P_1 at the power block is given by:

$$M_1 = P_1(Z_{A'} - Z_{Q'})\sin\beta + P_1(Y_{A'} - Y_{Q'})\cos\beta \quad (7)$$

$$M_1 = P_1[(Z_A - Q_A)\sin(\theta+\beta) + Y_A\cos(\theta+\beta)] \quad (8)$$

$$M_1 = P_1 D_1 \cos(\theta + \beta - \phi_1) \quad (9)$$

The moment due to the pull of winch P_2 is given by:

$$M_2 = P_2 Cos\theta(Z_{B'} - Z_{Q'}) - P_2\sin\theta(Y_{B'} - Y_{Q'}) \quad (10)$$

$$M_2 = P_2 D_2 \cos(\theta + \alpha - \phi_2) \quad (11)$$

where:

$\phi_1 = P_1$ angle as shown in Fig. 5;

$\phi_2 = P_2$ angle as shown in Fig. 5;

D_1 = distance from point Q to point A (Power Block);

D_2 = distance from point Q to point B (Purse Gallows).

The total heeling moment due to both fishing gear loads is therefore given by:

$$M_t = P_1 D_1 \cos(\theta + \beta - \phi_1) + P_2 D_2 \cos(\theta + \alpha - \phi_2) \quad (12)$$

The maximum heeling moment, with "α=0" and "β" variable, can also be found using basic trigonometric theory, see equation (13)

$$M_{t\max} = P_1 D_1 + P_2 D_2 \cos(\theta - \phi_2) \quad (13)$$

Despite the simplifications used in this static analysis, both methods are still conservative because they consider the maximum pull of the fishing gear as static and therefore dynamic effects due to waves and current acting on the ship and fishing gear are ignored.

4 Calculation results

4.1 Variation of transverse stability in longitudinal waves

Santos et al. (2008) have shown how the changes in Cb, GM and TM/cm are, for the same wave profiles studied in this paper. For the Portuguese and Peruvian fleet considered the changes of righting arms at 30 degrees of heel, and the changes of restoring energy from 0 to 30 degrees of heel were shown by Mantari et al. (2009) and in this paper as well, see Figure 6 (both graphics)

Table 1. Fishing vessels hull characteristics. MU (Moderate U type), U (U type), EV (Extreme V type), V (V type), MT (Medium transom), DP (Deep transom) and ITPS (Inclined transom purse seiner).

Ship	Ship characteristics										
	Disp (tons)	Lpp (m)	B (m)	D (m)	T (m)	VCG (m)	Kind of F. vessel	Hull stern form	Hull bow form	Transom	Hull global form
FV1	104.88	15.00	5.40	2.60	2.21	1.82	Purse seiner	U	EV	DT	Round bilge
FV2	55.49	15.88	5.60	2.67	1.78	2.21	Purse seiner	U	V	MT	Chinned hull
FV3	129.50	20.09	6.14	4.40	2.46	2.89	Purse seiner	U	V	DT	Chinned hull
FV4	94.70	22.00	5.80	2.35	1.53	1.83	Trawler	U	V	-	Round bilge
FV5	382.68	24.50	8.00	3.50	3.09	2.67	Trawler	MU	V	MT	Round bilge
FV6	178.57	27.71	6.70	3.33	2.93	2.51	Purse seiner	U	V	MTPS	Chinned hull
FV7	190.60	30.74	6.61	3.30	2.93	2.43	Purse seiner	U	V	MTPS	Chinned hull
FV8	287.03	31.81	8.00	3.80	3.30	2.89	Purse seiner	U	V	MTPS	Chinned hull
FV9	304.77	34.38	8.20	4.21	4.24	3.37	Purse seiner	U	V	MTPS	Chinned hull
FV10	384.33	34.40	8.20	4.91	4.52	3.21	Purse seiner	U	V	MTPS	Chinned hull
FV11	349.10	37.14	8.20	4.20	3.80	2.96	Purse seiner	U	V	MTPS	Chinned hull
FV12	296.10	37.41	7.32	3.52	3.03	2.56	Purse seiner	U	V	MTPS	Chinned hull
FV13	578.16	42.55	10.09	5.00	4.64	4.15	Purse seiner	MU	V	MTPS	Chinned hull
FV14	557.47	42.54	10.09	5.31	4.65	4.16	Purse seiner	MU	V	MTPS	Chinned hull
FV15	585.70	45.71	10.11	5.31	4.97	3.96	Purse seiner	MU	V	MTPS	Chinned hull

Figure 6 (right side) shows that the hard chinned hulls with medium transom purse seiners "FV 14", "FV 13" "FV 15" (Peruvian) have greater maximum restoring energy changes,

compared with the Portuguese purse seiners “FV 4” and “FV 5”, because the length of fishing vessel are different. However a comparison between “FV 4” and “FV 6”, which have quite similar length, show that the most classical Portuguese purse seiner “FV 4” has more large change of restoring energy, but less righting lever variation. With exception of “FV 1” (Portuguese fleet), and “FV 6, FV 7 and FV 8” (Peruvian fleet) all of them comply with the IMO stability criterion in crest waves and in light condition.

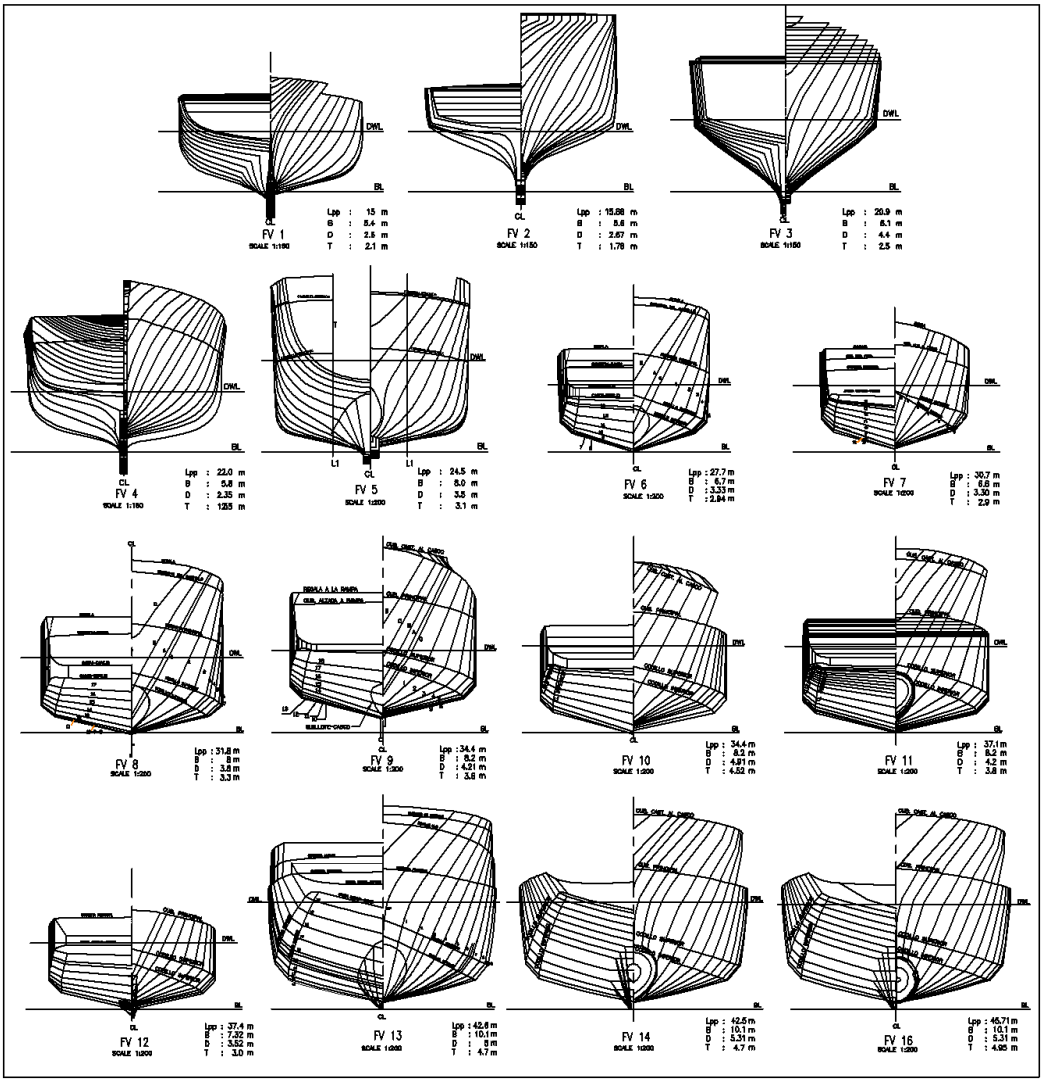


Figure 4. Fishing vessels FV 1 and FV 2 from Portuguese fleet, and from the Peruvian fleet (rest of the vessels).

It is possible to notice than even when differences of length are not significant (see Table 1) it is not possible to reach a general conclusion about susceptibility to resonance phenomena, but it is remarkable that considering also the hull from (see Table 1) it becomes possible to reach some conclusions about the changes of the stability in fishing vessels. For example, the ITPS (Inclined Transom Purse Seiner) (see Table 1 and Figure 9), have direct relation with the loss

of restoring energy in trough waves for the fishing vessels less than 40m in length, as shown in Figures 6 (both graphics), and despite this kind of waves are the most favorable. Also the classical chinned hull fishing vessels are directly related with larger reductions of restoring energy on a wave crest, in comparison with other fishing vessels having the same dimensions but without hard chine. See, for example, negative stability changes shown in Figure 6 for round bilge fishing vessel “FV 3” in comparison with those of hard chinned fishing vessels “FV 6”, “FV 7” and “FV 8”.

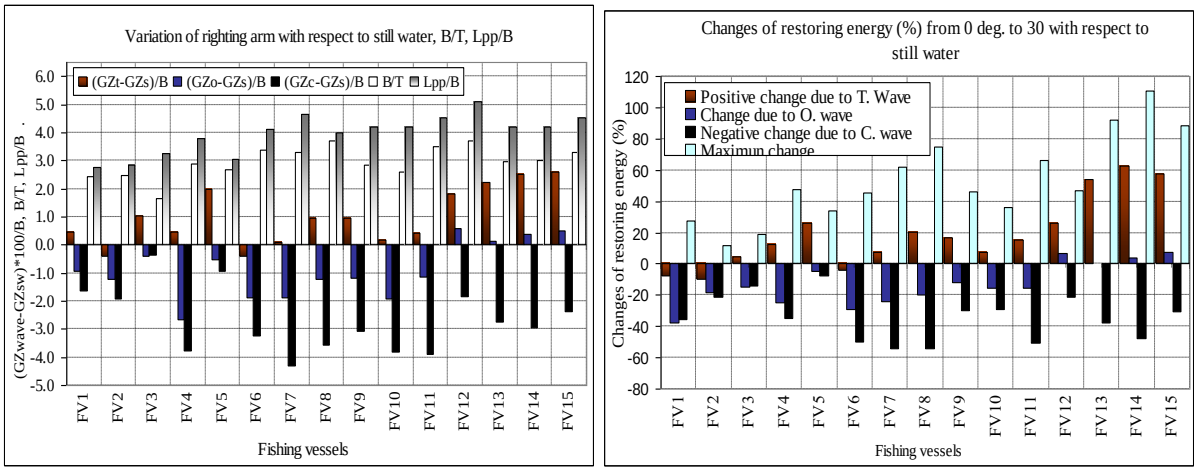


Figure 6. Changes of righting arm with respect to calm water (normalized by 100/B), B/T and Lpp/B (left side). Changes of restoring energy (%) from 0 to 30 degrees, respect to still water (right side).

Figure 6 (right side) shows that the maximum restoring energy changes with respect to calm water is 80.0% in average, the average positive restoring energy changes is 36.6% (due to trough waves) and the negative one is 43.4% (due to crest waves).

However, according to Ribeiro e Silva et al. (2005), parametric rolling can occur only when low damping (reduced speed) and large transverse stability changes driven by wave characteristics, coupled heave and pitch responses, and hull form parameters such as hull flare, end sections shape, and main deck position are combined. Hence, hard chinned hulls may also have larger roll damping forces due to viscous effects at the hard chine, and turn to be less sensitive to parametric rolling than soft type hull forms, a topic that should be considered for further research.

Finally, it is important to point out that the analysis of the changes in stability in waves gives indications about the susceptibility to parametric roll but it is still necessary to consider the dynamic effect of waves on fishing vessels.

4.2 Stability under operational loading condition in beam waves

The results of calculations for the two cases studied in the section 3 of this paper, use IMO weather criterion to calculate some parameters which are well-known and were not included in this paper for lack of space, but in summary they are basically the parameters used to calculate the energy balance. For the Portuguese Fishing Vessels this paper uses as wind speed 26 m/s (see section 3), and for the Peruvian 15 m/s (as mentioned before, it is due to the different oceans). Tables 3 and 4 show some results of calculations for the fishing vessels FV 1 (Portuguese) and FV 14 (Peruvian). The fifth rows of the Tables 3 and 4 show the results of energy balance as the weather criterion recommend, and these results show that these fishing vessels complies very well. The rest of the rows show heeling levers for 4 different scenarios of loading over the fishing gear (C1, C2, C3 and C4), these loads are shown in the Figures 7 and 8. This paper considers these critical loads operational conditions as realistic, and when the fishing gear loads are acting alone, these particular fishing vessels comply with the energy balance analysis, but they become dangerous and lead to capsizing when gusty wind is also included, as shown in Figures 7 and 8 and their respective energy balance indicated in Tables 3 and 4.

Figures, 9, 10 and 11 were drawn with the legends in Table 3 at different wind speeds U=15, 19, and 26 m/s.

Table 2. Legend for the Figures 7 and 8

Righting arm still water
Heeling fishing gear arm, C1
Heeling fishing gear arm, C2
Heeling fishing gear arm, C3
Heeling fishing gear arm, C4
Heeling arm windUm/s
H. arm windUm/s + H.F.gear arm C1
H. arm windUm/s + H.F.gear arm C2
H. arm windUm/s + H.F.gear arm C3
H. arm windUm/s + H.F.gear arm C4

Finally the results in Figures 7 and 8, and their respective Tables 3 and 4, show that the different scenarios of loading over the fishing gear (C1, C2, C3 and C4) and combined effect that the fishing gear and moderate to light wind can be larger than the requirements of the weather criterion as pointed out also in IMO (1979), Gefaell (2005) and Wang et al. (2005).

Table 3. Balance of energy, with U=15 m/s.

Condition	A'	B'	ΔEnergy	%
C1, hauling	0.04	0.17	0.13	74
C2, hauling	0.07	0.12	0.06	45
C3, pursing	0.05	0.13	0.07	58
C4, pursing	0.08	0.09	0.01	6
H. Wind15m/s Arm	0.03	0.21	0.18	86
H.W.15m/s + C1, h	0.07	0.13	0.06	47
H.W.15m/s + C2, h	0.10	0.09	-0.01	-13
H.W.15m/s + C3, p	0.08	0.10	0.02	18
H.W.15m/s + C4, p	0.12	0.06	-0.06	-101

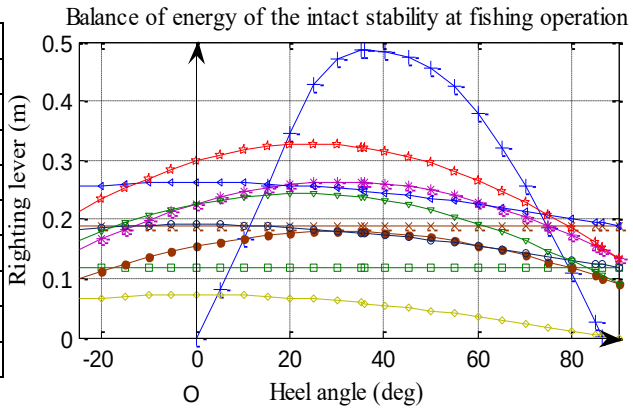


Figure 7. Balance of energy of the intact stability at fishing operation, U=15 m/s (FV14 Peruvian Fishing vessels). C1 (P1=6.3, P2=0), C2 (P1=10.08, P2=0), C3 (P1=0, P2=17) and C4 (P1=0, P2=25)

Table 4. Balance of energy, with U=15 m/s.

Condition	A'	B'	ΔEnergy	%
C1, hauling	0.02	0.07	0.05	71
C2, hauling	0.02	0.07	0.04	66
C3, pursing	0.02	0.06	0.04	63
C4, pursing	0.03	0.05	0.03	50
H. Wind26m/s Arm	0.03	0.06	0.03	47
H.W.26m/s + C1, h	0.03	0.05	0.02	32
H.W.26m/s + C2, h	0.04	0.05	0.01	21
H.W.26m/s + C3, p	0.04	0.04	0.00	-8
H.W.26m/s + C4, p	0.04	0.03	-0.01	-43

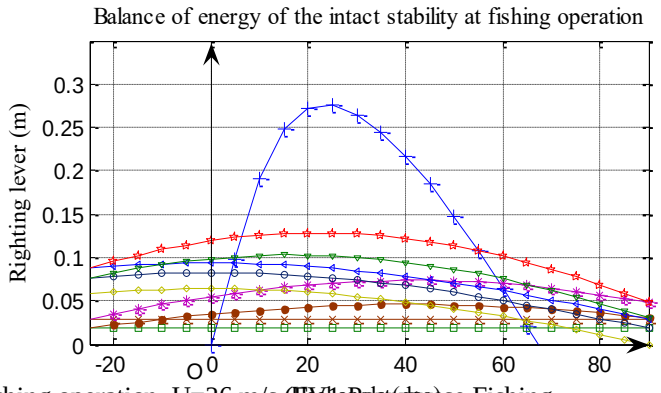


Figure 8. Balance of energy of the intact stability at fishing operation, U=26 m/s (FV1 Portuguese Fishing vessels). C1 (P1=0.5, P2=0), C2 (P1=0.8, P2=0), C3 (P1=0, P2=1.25) and C4 (P1=0, P2=2)



Figure 9. Transom of different kinds of fishing vessels, DT, ITPS, without transom (left side). Power block position for two different kinds of fishing vessels (right side)

4.3. Considerations to improve the safety of fishing vessels

To avoid fishing vessels failure it is important to install a decision support system to monitoring the curse of the fishing vessels when it is traveling and that can also monitor the safety devises under fishing trip to avoid the capsizing or accident on board.

When the skipper notices a heel angle about 5-15 degrees and abundant school of fish it is recommendable to divide the trapped school in 2 parts (operation well known by the master, for his own experience, but not written in the Skipper's guide), and restart the hauling and pursing one part after another. A Skipper's Guide to Fishing Vessel are fundamental to safety of fishing vessels, these should have practical and enough information about the fishing vessels stability and about the safety on board. In Portugal a Skipper's Guide is given, but included in the stability booklet, and it is not practical as mentioned by Wockman (2002). In Peru only the stability booklet is given and the Skipper's are not able to read that kind of information.

For the Peruvian fleet, doing evaluations of intact stability under operational loading conditions (using our simple numerical method), those fishing vessels that still use the power block in a high position are more susceptible to heeling than those that have "Petrel fishing system", see Figure 9 (right side).

For the Portuguese fleet, the kind of safety system developed by Lincoln et al. (2008) can be suitable (Safety operation of winch capstan-type. A winch for small fishing vessels that use to be danger when fishing).

5. Conclusions

For general understanding and acceptance, the IMO IS Code 2008 should be completed, it should consider all aspects related to stability (the combinated effects presents in the causalities), should conduce for the optimal design (develop intact stability code by ship typologies) and cover all the variants that can exist (as example in fishing vessels: ocean, power machinery, fishing capacity, etc. should be considered).

In this paper the variation of righting lever and restoring energy with waves were studied for Portuguese and Peruvian fishing vessels, identifying the effect of fishing vessels size and hull form. These calculations indicate how the stability is sensitive to the changes from one wave

profile to another in longitudinal waves change from ship to ship (considering only fishing vessels) which can be related with the susceptibility of the vessel to parametric roll.

With respect to the fishing gear heeling moment, the calculations presented in this paper, show that fishing gear heeling moments are more important than the heeling moments produced by the weather criterion, even when the real scenarios of operations (oceans) are consider and, effectively, a combination of them may leads to capsizing even when the operational load condition is normal.

At the moment the IMO stability criterion does not assure safety, neither, in longitudinal and beam waves, making a decision support system very useful for the safety of certain fishing vessels. However, for a successfully decision support system, it is important that research works include real scenarios of stability failure, that later on be used as parameters of comparison.

Acknowledgment

This work has been performed within the project "SADEP-Decision support system for the safety of fishing vessels subjected to waves". The project has been financed by the Foundation for Science and Technology ("Fundação para a Ciência e a Tecnologia"), from the Portuguese Ministry of Science and Technology, under contract PTDC/EME-MFE/75233/2006.

References

Atua K.I. 2003. Critical review of transverse stability criteria of fishing vessels, *Alexandria Engineering Journal*, Vol. 42: 527-535

Antão P., Guedes Soares C. 2004. Analysis of Fishing Vessel Accidents (in Portuguese), in: *As Actividades Marítimas e a Engenharia*. C. Guedes Soares and V. Gonçalves de Brito (Eds.), Lisbon: Salamandra. pp. 627-643

Dickey D. H. 2008. Analysis of fishing Vessels Casualties (A Review of Lost Fishing Vessels and Crew Fatalities, 1992-2007) *United States Cost Guards; Compliance Analysis Division (CG-5452); 2100 Second Street, S.W.; Washington, DC 20593-0001*

Francescutto A. 2007. The intact ship stability code: Present status and future developments, *Proceedings of the 2nd International Conference on Marine Research and Transportation , Naples, Italy,* Session A, pp. 199-208.

Gefaell G. 2005. Some consideration about the stability and safety of fishing vessels less than 24m of length *Naval Engineering*, April, 46-58

Hamamoto M., Panjaitan J. 1996. A Critical Situation Leading to Capsize of Ships in Astern Seas, *Journal of the Society of Naval Architects of Japan*, 180: 215-221

IMO, 2008a. Revision of the Intact Stability Code - Report of the Working Group (part I), *SLF 51/WP.2.*

IMO, 2008b. Explanatory Notes to the International Code on Intact Stability, 2008, *MSC.1/Circ. 1281.*

IMO-MSC.267(85) 2008. Adoption of the international code on intact stability, 2008 (2008 IS Code).

IMO Subcommittee on safety of fishing vessels 1979. Effect of fishing gear on the stability of fishing vessels interaction *International Maritime Organization*, London.

IMO-MSC.1/Circ.1200 2006. Interim guidelines for alternative assessment of the weather criterion *International Maritime Organization*, London.

IMO-SLF 51/4/1 2008. Revision of the intact stability code, Report of the intersessional Correspondence Group on Intact Stability, submitted by Germany, *International Maritime Organization*, London.

IMO-SLF 51/4/3 2008. Revision of the intact stability code, A proposal of new generation stability criteria as an example, submitted by Japan, *International Maritime Organization*, London.

Kose E., Gosine R.G., Dunwoody A.B., Calisal S.M. 1995. An expert system for monitoring dynamic stability of small craft, *Ocean Engineering*, Vol. 20, No. 1, January 1995

Kuo C. 2009. Contributions of safety management to ship stability, *Proceedings* of the 10th *International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles*, pp. 45-52.

Lincoln J.M., Lucas D.L, McKibbin R.W., Woodward C.C., Bevan J.B. 2008. Reducing commercial fishing deck hazards with engineering solutions for winch design, *Journal of Safety Research 39*: 231-235.

Neves M.A.S., Perez N.A., Valerio L. 1999. Stability of small fishing vessels in longitudinal waves, *Ocean Engineering*, 26: 1389-1419.

Neves M.A.S., Rodriguez C.A., 2006. On unstable ship motion resulting from strong non-linear coupling, *Ocean Engineering*, 33: 921-935.

Neves M.A.S., Rodriguez C.A., 2007. Influence of non-linearities on the limits of stability of ships rolling in head seas, *Ocean Engineering*, 34: 1618-1630.

Mantari J.L., Ribeiro e Silva S., Guedes Soares C. 2009. Intact stability of fishing vessels under operational loading conditions *IMAM2009, in press*

Pérez-Rojas L., Abad R., Pérez-Arribas F., Arias C. 2003. Some Experimental Results on the Stability of Fishing Vessels *Proceedings STAB2003,* Pérez-Rojas L. (ed.), Madrid, Spain, pp. 643-653.

Pérez-Rojas L., Arribas F.P., Rodríguez R.Z., Pacheco A.G. 2006. On the accidents of small fishing vessels, *Proceedings STAB2006.* M. Neves (Ed.), COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, pp. 669-676.

Pérez-Rojas L., Lopez-Pavon C., Perez-Arribas F., Martin-Landaluce A. 2007. On the Experimental Investigation on the Capsizing of Small Fishing Vessels, *9th. International Ship Stability Workshop*, Hamburg (Germany), August 2007

Petursdottir G., Hannibalsson O., Turner J. 2001. Safety at sea as part management of fisheries, *FAO Fishing Circular* Nº. 966. Roma: 1-43.

Ogawa Y. 2009. A study for the Effect of Correlation between Winds and Waves on the Capsizing Probability under Dead Ship Condition, *Proceedings* of the 10th *International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles*, pp. 1-10.

Ribeiro e Silva S., Pérez-Rojas L. and Guedes Soares C. 2004. Experimental study of parametric rolling of a fishing vessels (in Portuguese), in: *As Actividades Marítimas e a Engenharia.* Guedes Soares, C., Gonçalves de Brito, V. (Eds), Edições Salamandra, Lda., Lisboa, pp. 645-663.

Ribeiro e Silva S., Santos T. and Guedes Soares C. 2005. Parametrically Excited Roll in Regular and Irregular Head Seas, *International Shipbuilding Progress*, 52(1):29-56.

Santos T., Villavicencio R., Guedes Soares C. 2008. Safety and stability of fishing vessels on waves *XII National Meeting of Naval Architecture and Marine Engineering, Lisbon, Portugal*

Tadanobu Machii, Yukio Nose 1989. Safety of a Peruvian Small Wooden Purse Seiner during Fishing Operations, *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55(11), pp. 1921-1925

Taylan M. 2003. Static and dynamic aspects of a capsize phenomenon, *Ocean Engineering* 30: 331-350

Umeda N., Matsuda. A., Hamamoto M., Suzuki S. 1999. Stability assessment for intact ship in the light of model experiments, *J Mar Sci Technol*, 4: 45-57.

Umeda N., Maki A., Izawa S., Sano H., Sogawa Y., Maeda E., Tsukamoto I. 2009. New generation intact stability criteria: A step Forward, *Proceedings* of the 10th *International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles*, pp. 129-139.

Wang J., Pillar A., Kwon Y.S., Wall A.D., Loughran Rodríguez C.G. 2005. An analysis of fishing vessel accidents, *Accident Analysis and Prevention*, 37: 1019-1024.

Womack J. 2002. Small commercial fishing vessel stability analysis, Where are we now? Where are we going? *Proceedings of the 6th International Ship Stability Workshop, Webb Institute, 2002*

Fishing Vessels Responses in Waves under Operational Conditions

Tello Ruiz, Manases; **Ribeiro e Silva, Sergio**; **Guedes Soares, Carlos**

Centre for Marine Technology and Engineering (CENTEC),
Technical University of Lisbon, Instituto Superior Técnico
Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, PORTUGAL
guedess@mar.ist.utl.pt

ABSTRACT: This study performs a seakeeping assessment of a set of fishing vessels, and discusses their seakeeping performance under different operational conditions. The dynamic response of the ships in waves depends on the wave climate of the ocean area where the ship operates. The frequency domain transfer functions are obtained using a strip theory method, and viscous roll damping corrections are introduced for different advance speeds. Sensitivity analyses are carried out for a group of fishing vessels with different hull forms and dimensions from the Portuguese and Peruvian fleets, operating in the respective coastal areas. The results obtained allow the assessment of the ship's dynamic responses for the different ship types, advance speed, and wave encounter angles. Finally, the most relevant performance criteria related with the absolute motions, relative motions, accelerations, slamming, green water on deck, etc., are assessed against the prescribed values to evaluate the seakeeping performance and to determine the limit sea state that still allow standard operational conditions.

Key words: Seakeeping performance, fishing vessel, operability criteria, strip theory, viscous roll damping.

1 INTRODUCTION

Fishing vessel operation is one of the most dangerous activities due to the ship's random movements and the severity of the environment, since waves degrade the ability to carry out the mission comparatively to the calm water condition. In fact, there are many situations in which working onboard can be impaired due to large amplitude motions and accelerations. Seasickness, hazards and accidents including in some cases loss of lives and the ship has been reported. Thus, good working conditions onboard are especially important for fishing vessels, since the fisherman activity is already very demanding from the physical point of view.

With the purpose of identifying the main causes of accidents statistical studies have been conducted in the past. For example, a worldwide study on fishing vessel accidents recorded during the 90's conducted by Wang *et* al. (2005), found most of the accidents are related to ships with 24 meters of length overall (LOA), it has been shown machinery damage as the most probable occurrence followed by foundering, flooding and grounding with probabilities of 65.97%, 15.41%, and 8.38%, respectively. With the purpose of decrease the global number of accidents new intact stability rules of ships with LOA less than 24 meters came into force, however despite the decrease, the number of occurrences registered nowadays still remains high. Recent accidents were presented and studied by Perez-Rojas et al. (2006) showing three Spanish fishing vessels accidents resulting in loss of lives and the ships. In Portugal the predominance of small fishing vessels in the national fleet provides yet another type of issues related to health and safety at work which are also related to cultural aspects. Over a period of 20 years there have been nearly 40,000 claims of which included more than 350 deaths. According to Antão and Guedes Soares (2004), there is a real need to improve the operation and safety of small vessels, because they represent 89% of accidents in the sample studied.

Seakeeping analysis is needed since it allows estimates of the ship responses and evaluation of the conditions in which she is operating. To determinate if the ship is in dangerous or if some performances are at the limit, many criteria can be adopted to assess against the prescribed values. Of course the criteria and prescribed values are different according to the ship type and purpose. Several seakeeping criteria related with the

absolute motions amplitudes and motions relative to sea, have been proposed and are available in the literature and they have been obtained mostly from the experience onboard of ships. Apparently there are no published criteria specific for fishing vessels, and for this reason the authors have used a set of criteria that in fact were adapted from other types of ships. In the present study the seakeeping quality of a set of fishing vessels will be quantified by an operability index that accounts for:

• The ship mission, through the choice of the most adequate seakeeping criteria.
• The hydrodynamic and inertia characteristics of the ship, through the use of a seakeeping program to calculate the motions transfer functions;
• The wave climate where the ship operates, through the use of the significant wave height and peak period obtained from the probability distribution of long term sea states together with spectral techniques to calculate the ship responses in those sea states.

The method briefly described was utilized earlier by Guedes Soares et al. (1995) to investigate the seakeeping performance of a group of fishing vessels operating in the Portuguese coast. Fonseca and Guedes Soares *et* al. (2002) applied the same method to investigate the sensitivity of the expected ships availability to different seakeeping criteria.

2 THEORY.

2.1 *Regular Waves*

The first step is to obtain the transfer functions (TF) of the rigid body motions and also of the relative motion and accelerations in selected points in the ship. The T.F. represents linear ship responses to harmonic waves. This investigation uses a seakeeping code based on the strip theory formulation from Salvesen *et* al. (1970) to calculate the potential flow hydrodynamic coefficients and harmonic wave exciting forces. The equations of motion are solved in the frequency domain to obtain the five degrees of freedom oscillatory motions (strip methods neglect all surge forces). In this methodology some restrictions need to be taken into account when it is applied. Namely, the ship has to be slender, the amplitude of the exciting waves and oscillatory motions must be small, and the Froude number less than 0.3 ($Fn<0.3$). Moreover, interactions between fishing gear components with the vessel during haul or towing operations or water-on-deck effects have been all ignored so that

fishing vessels are assumed as free-floating bodies. Therefore, rigid body oscillatory motions are calculated by solving a set of coupled linear differential equations, which represent the equilibrium:

$$\sum_{j=1}^{6}\left\{\left(M_{kj}+A_{kj}\right)\ddot{\xi}_j+B_{kj}\dot{\xi}_j+C_{kj}\xi_j\right\}=F_k\,\mathrm{e}^{\mathrm{i}\omega_e t}\qquad \mathrm{k,\,j}=1,...,6 \tag{1}$$

These excitation forces F_k and ship motions ξ_j can be conveniently represented on a right handed Cartesian coordinate system, $X=(x,y,z)$, fixed with respect to the mean position of the ship and origin in the plane of the undisturbed free surface. As shown in figure 1, the translatory displacements in the x, y, and z directions are respectively surge ξ_1, sway ξ_2, and heave ξ_3, while the rotational displacements about the same axis are respectively roll ξ_4, pitch ξ_5, and yaw ξ_6, where subscripts, k, j indicate forces in the k-direction due to motions in the j-mode. M_{kj} are the components of the mass matrix for the ship, A_{kj} and B_{kj} are the added mass and damping coefficients, C_{kj} are the hydrostatic restoring coefficients and F_k are the complex amplitudes of the exciting forces.

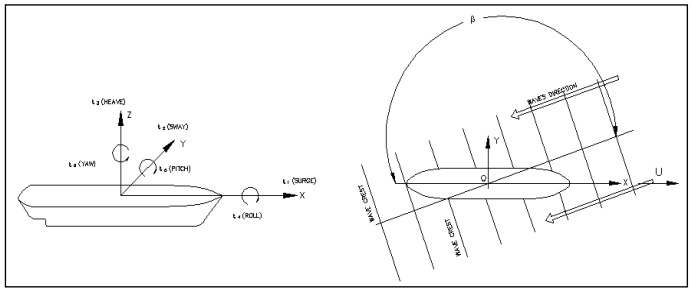


Figure 1: The coordinate system and six modes of motion, and definition of the ship heading angle.

The harmonic j-th response of the vessel, ξ_j will be proportional to the amplitude of the exciting force, at the same frequency but with phase shift, θ_j, and is then given by:

$$\xi_j(t)=\xi_j^a\cos\left(\omega_e t+\theta_j\right),\ j=1,..,6 \tag{2}$$

If the ship travels at a speed U making an angle β with the direction of incoming waves (Figure 1), she will encounter regular wave crests with a frequency of encounter, given by:

$$\omega_e = \omega - kU\cos\beta \tag{3}$$

The encountered free surface is given by:

$$\zeta_w = \zeta_w^a \cos k\left[x\cos\beta + y\sin\beta - \left(c - U\cos\beta\right)t\right] \tag{4}$$

2.2 *Derived Responses*

Since the seakeeping criteria are defined also in terms of accelerations felt onboard and relative motions between the hull and the waves, these quantities are calculated for all relevant points on the ship, combining the absolute motions and the wave motions. For small motion amplitudes, the displacement vector at any point with coordinates $\vec{r}$ belonging to the ship's can be obtained by applying simple kinematics equations (5). In this case the six degrees-of-freedom modes described as harmonic functions are divided into two groups: $\vec{\Omega} = (\xi_4, \xi_5, \xi_6)$ and $\vec{R} = (\xi_1, \xi_2, \xi_3)$, corresponding to the rotational and translational displacement vectors, respectively:

$$\vec{\xi}_{\vec{r}} = \vec{R} + \vec{\Omega} \times \vec{r} \tag{5}$$

Hence, the components of the absolute displacement vector $\vec{\xi} = (X_P, Y_P, Z_P)$ at any point *P* with coordinates $\vec{r}$ are given by:

$$\begin{aligned} X_P &= \xi_1 + z_p\xi_5 - y_p\xi_6 \\ Y_P &= \xi_2 + x_p\xi_6 - z_p\xi_4 \\ Z_P &= \xi_3 + y_p\xi_4 - x_p\xi_5 \end{aligned} \tag{6}$$

2.2.1. Vertical Displacement and Acceleration

The performance of people onboard is affected by those oscillations. To describe the vertical displacement of a point P, the following representation may be adopted:

$$Z_P(t, \omega_e) = Z_p^a \cos(\omega_e t + \theta_p) \tag{7}$$

In order to simplify this study, the motions in equations (3) are now restricted to the ship's centre line $(y_p = 0)$, and, therefore, amplitude and phase of the vertical displacement can be easily determined by the following equations:

$$Z_p^a = \sqrt{\left(\xi_3^a\right)^2 + \left(x_p \xi_5^a\right)^2 - 2x_p \xi_3^a \xi_5^a \cos(\theta_5 - \theta_3)} \tag{8}$$

$$\theta_p = \tan^{-1}\left(\frac{\xi_3^a \sin(\theta_3) - x_p \xi_5^a \sin(\theta_5)}{\xi_3^a \cos(\theta_3) - x_p \xi_5^a \cos(\theta_5)}\right) \tag{9}$$

Finally, since $Z_P(t, \omega_e)$ is an harmonic function the vertical acceleration will be:

$$\ddot{Z}_P = -\omega_e^{\,2} Z_P \tag{10}$$

2.2.2. *Lateral Displacement and Acceleration*

Similarly to vertical acceleration, lateral acceleration should also be taken into account. From equations (6), the lateral motion of a point *P* is given by:

$$Y_P = \xi_2 + x_p \xi_6 - z_p \xi_4 \tag{11}$$

In this case, the same procedure for the vertical motion has been adopted. However, as described by Journée *et* al. (2001), another component due to gravity, *g*, should be added to the lateral acceleration. Thus the total lateral acceleration that the vessel (crew, equipment, cargo, or ship structural parts) "feel" is given by:

$$\ddot{Y}_P = -\omega_e^{\,2} Y_P + g\xi_4 \tag{12}$$

where:

$$Y_P(t, \omega_e) = Y_p^a \cos(\omega_e t + \theta_p)$$

2.2.3. *Vertical Relative Displacement and Velocity*

Before relative ship's displacement or velocity have been determined, it is necessary to obtain the absolute motion and wave amplitude $\zeta_P(t, \omega_e)$ at the point *P* under consideration. Therefore, relative motion can be obtained from:

$$Z_{PR}(t,\omega_e) = Z_{PR}(t,\omega_e) - \zeta_P(t,\omega_e) \tag{13}$$

Equation (13) may also be re-written as:

$$Z_{PR}(t,\omega_e) = Z_{PR}^a \cos(\omega_e t + \theta_{PR}) \tag{14}$$

where:

$$Z_{PR}^a = \sqrt{\left(Z_P^a\right)^2 + \left(\zeta_P^a\right)^2 - 2Z_P^a\zeta_P^a \cos(kx_p - \theta_p)}...;\theta_p = \tan^{-1}\left(\frac{Z_P^a \sin(\theta_p) - \zeta_P^a \sin(kx_p)}{Z_P^a \cos(\theta_p) - \zeta_P^a \cos(kx_p)}\right)$$

Also, the relative vertical velocity at any point *P* with coordinates $\vec{r}$ is given by:

$$\dot{Z}_{PR}^a = \omega_e Z_{PR}^a \tag{15}$$

2.3. *Irregular Waves*

To determine the response of the ship to real (irregular) sea states a spectral linear formulation is adopted, following the early proposals of St Dennis and Pierson (1953). The Pierson-Moskowitz spectral form for fully developed seas (Pierson and Moskowitz (1964)) describes the irregular sea states in terms of significant wave height H_S and peak period T_P. In irregular seas the encountered wave profile is given by:

$$\zeta_w = \sum_{n=1}^{N} \zeta_{w_n}^a \cos\left[\frac{\omega_n^{\,2}}{g}\left(x\cos\beta + y\sin\beta\right) - \left(\omega_n - \frac{\omega_n^{\,2}}{g}U\cos\beta\right)t + \varepsilon_n\right] \tag{16}$$

where N is the number of component waves, ω_n the circular frequency, ε_n the random phase angle and $\zeta_{w_n}^a$ the amplitude of the n-th component waves, which are determined from the wave spectrum $S_W(\omega)$. Because the system is linear, the relationship between the wave spectrum and that of the j-th response and is given by:

$$S_{\xi_j}(\omega) = \left|H_j(\omega)\right|^2 S_W(\omega) \tag{17}$$

where $H_j(\omega)$ is the transfer function from wave elevation to the j-th mode. The variance of a record is given by the zero order moment of each ordinate, as follows:

$$m_{0_j} = \sigma^2 = \int_0^{\omega} S_{\xi_j}(\omega)\, d\omega_e \tag{18}$$

which is applicable to both the input and the response spectrum since the sea state is modelled as a stationary, zero mean, Gaussian process and because the responses are linear, the same model describes the response process. This implies that a Rayleigh distribution describes the amplitudes or the peaks of the processes, according to which the probability of exceeding the level *r* is given by:

$$Q_S(r) = \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right) \tag{19}$$

Different statistics can be derived from the assumption of the Rayleigh distribution (see Longuett-Higgins et al. (1952). For example, the average of the one-third larger amplitudes, usually called the significant value r_S, is given by:

$$r_S = 2\sigma \tag{20}$$

The most probable maximum value in N successive cycles is obtained from (16):

$$r_{\max} = \sqrt{2\sigma^2 \ln N} \tag{21}$$

2.3.1. Seakeeping Performance Criteria

If the criterion is defined as a probability of exceeding a critical value p_{CR}, then the related root mean square of the response is obtained from equation (21), and given by:

$$\sigma_{CR} = \sqrt{\frac{r_{\max}^2}{2\ln(1/p_{CR})}} \tag{22}$$

where $r_{\max}$ is the limiting magnitude of the response which has the probability p_{CR} of being exceeded. As an example, for green water on deck phenomenon $r_{\max}$ occurs when local relative motion is larger than the local freeboard. A propeller emergence occurs when 1/4 of the propeller diameter comes out of the water. According to Ochi et al. (1964), a slam occurs as a result of two occurrences: when the relative motion is larger than the mean draught (T) at the bow and at the same time the relative vertical velocity has to exceed the

velocity of $0.093\sqrt{Lg}$. Therefore, using equation (22), the criteria for slamming is given by:

$$P(slam) = P(Z_P > T)P(\dot{Z}_{PR} > m) \tag{23}$$

where:

$$P(Z_p > T) = \exp\left(-\frac{T^2}{2\sigma^2}\right)...; P(\dot{Z}_{PR} > m) = \exp\left(-\frac{m^2}{2\sigma^2}\right); m = 0.093\sqrt{Lg}$$

3 SEAKEEPING ANALYSIS.

3.1. *Fishing Vessels.*

The present study is an analysis of a group of four fishing vessels with different hull forms and dimensions from the Portuguese and Peruvian fleet. Fishing vessels designated FV1 and FV2 belong to Portugal, and FV3 and FV4 to Peru. The main characteristics relevant for the seakeeping calculations and the hull forms of these four fishing vessels are presented in Table 1 and Figure 2.

Table 1: Main particulars of the fishing vessels.

FV Nr	1	2	3	4
Lwl (m)	20.9	24.5	37.4	45.7
B (m)	6.5	8	7.3	10.1
D (m)	4.4	3.5	3.52	5.31
T (m)	2.46	3.09	3.03	4.97
D (ton)	129.5	418.2	552.8	1258
LCG(m)	-1.35	0	-4.46	0.05
Cb	0.4	0.61	0.63	0.53
Kx/B	0.4	0.4	0.4	0.4
Ky/Lpp	0.25	0.25	0.25	0.25
Kz/Lpp	0.25	0.25	0.25	0.25
GMt (m)	1.14	0.6	1.132	1.284

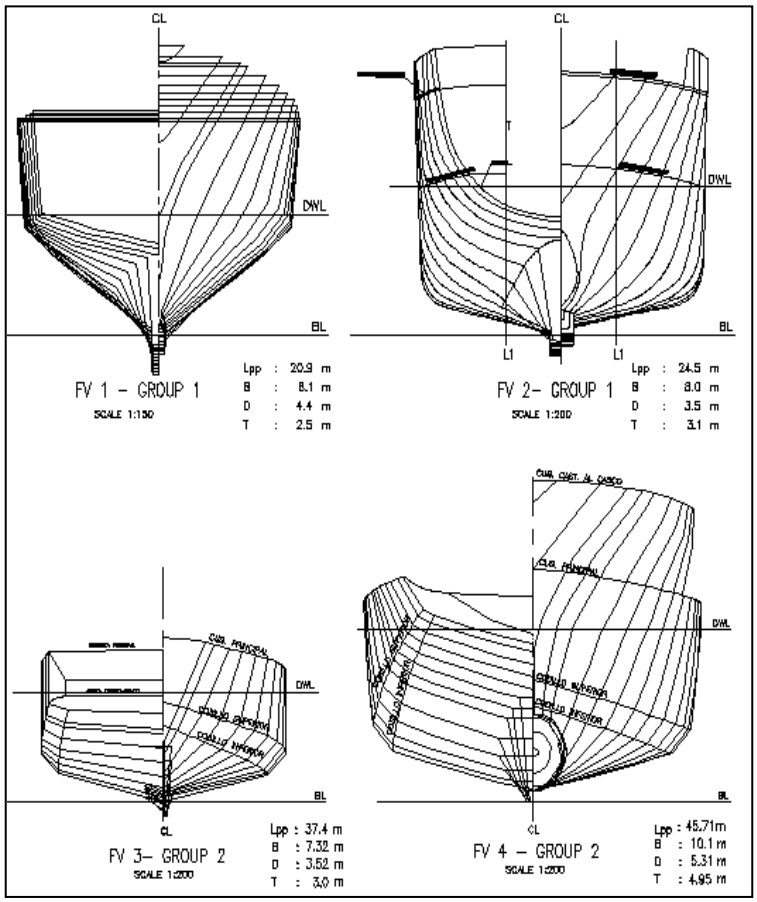


Figure 2: Body plans of the four fishing vessels.

3.2 *Seakeeping Performance, Operational Criteria, and Operability Indexes*

The seakeeping criteria are defined either by a maximum allowed standard deviation of the response, or in terms of maximum allowed probability of exceeding a critical value. Comparing the ship responses in irregular waves with the seakeeping criteria, it is possible to obtain the maximum significant wave heights in which the ship can operate.

Studies for fishing vessel related to the prescribed values were not found in the literature except for Odabasi *et* al. (1991) who showed, vertical acceleration for fishing, defined as 15% of thee acceleration of the gravity.

The derived responses are calculated for specific points in the ship, and they are related to the seakeeping criteria adopted. Table 2 presents the criteria selected and the respective positions analyzed. These locations are described using the reference coordinate shown in Figure 1.

Table 2: Prescribed seakeeping performance criteria applied to the fishing vessel.

	Response	Location x,y,z [m]												Criterion
		FV1			FV2			FV3			FV4			
		x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	
1	Green Water Deck	10.6	0	3.12	12.3	0	2.8	19.6	0	3.04	23	0	3.43	5% (prob)
2	Slamming	9.36	0	-2.3	11.1	0	-2.9	15.5	0	2.64	20.1	0	-4.8	3% (prob)
3	Propell. Emergence	-8.6	0	-1.4	-9.4	0	-1.9	-16	0	-1.7	-19	0	-2.7	15% (prob)
4	VA at Bridge	5.3	0	2.5	6.13	0	1.6	9.82	0	1.45	11.5	0	1.37	0.2g (rms)
5	LA. at Bridge	5.3	0	2.5	6.13	0	1.6	9.82	0	1.45	11.5	0	1.37	0.1g (rms)
6	VA at Work. Deck	-4.3	0	1.94	-4.9	0	0.5	-7.9	0	0.49	-9.2	0	0.41	0.15g (rms)
7	LA at Work. Deck	-4.3	0	1.94	-4.9	0	0.5	-7.9	0	0.49	-9.2	0	0.41	0.1g (rms)
8	Roll	-			-			-			-			6º (rms)
9	Pitch	-			-			-			-			3º (rms)

Figures 3 to 14 present the curves of maximum significant wave heights, as function of the seastate zero up-crossing wave period. Each graph corresponds to one heading with respect to the direction of propagation of waves, and includes several curves corresponding to several seakeeping criteria. The ship is operational for the seastates that are bellow of all the curves. Figures 3 to 8 and 9 to 14 belong to FV1 and FV4, respectively, and these graphs show the performance in head, quartering and beam seas for two distinct speeds (zero and top speed). The graphs show clearly which are the responses that most limit the ship operability, and for which headings, namely the pitch,

vertical accelerations and GW for head and quartering waves (specially, when ship's speed is increased) and the roll motion and lateral acceleration for beam waves.

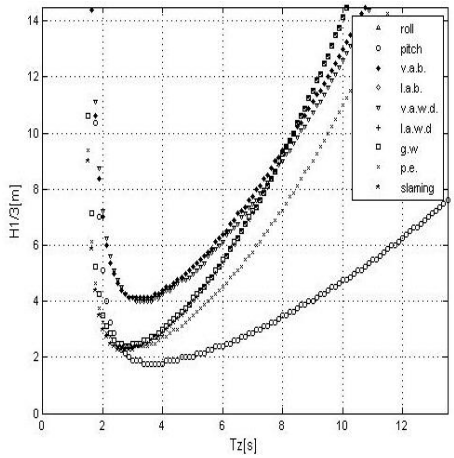


Figure 03: Maximum allowed significant wave height. All criteria for FV1 at β =180º, Fn = 0.00.

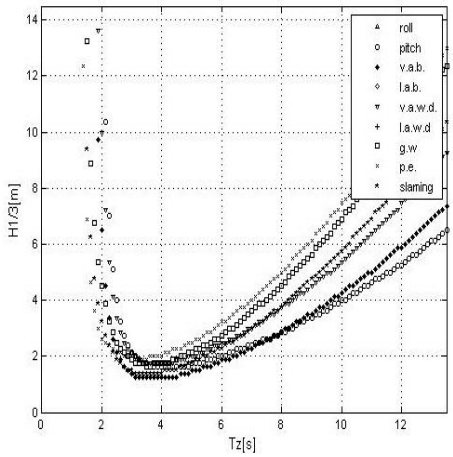


Figure 04: Maximum allowed significant wave height. All criteria for FV1 at β =180º, Fn = 0.30.

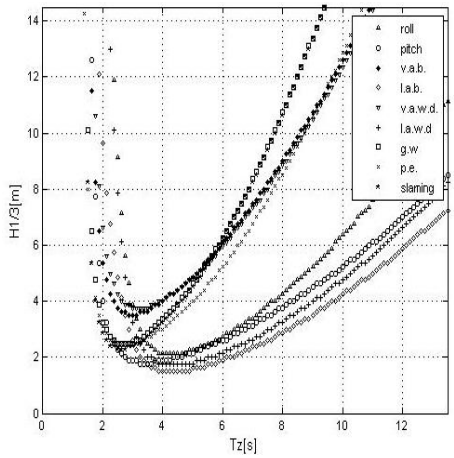


Figure 05: Maximum allowed significant wave height. All criteria for FV1 at β = 150º, Fn = 0.00.

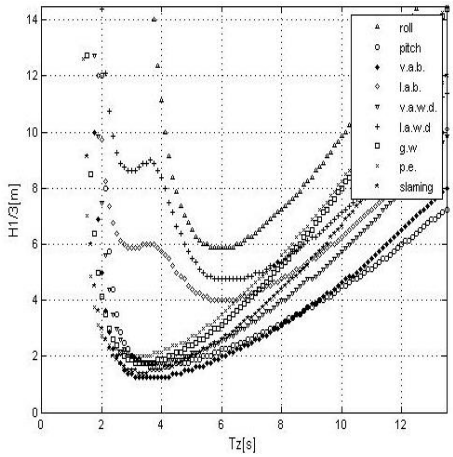


Figure 06: Maximum allowed significant wave height. All criteria for FV1 at β = 150º, Fn = 0.30.

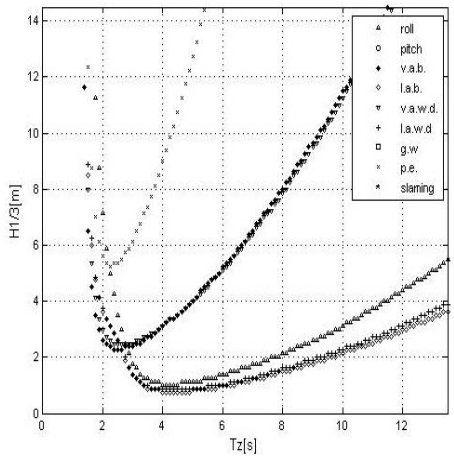


Figure 07: Maximum allowed significant wave height. All criteria for FV1 at β = 90º, Fn = 0.00.

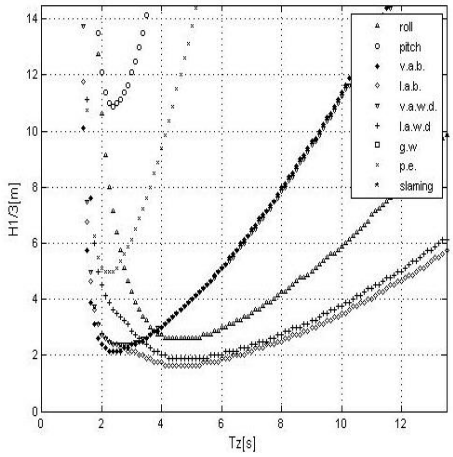


Figure 08: Maximum allowed significant wave height. All criteria for FV1 at β = 90º, Fn = 0.30.

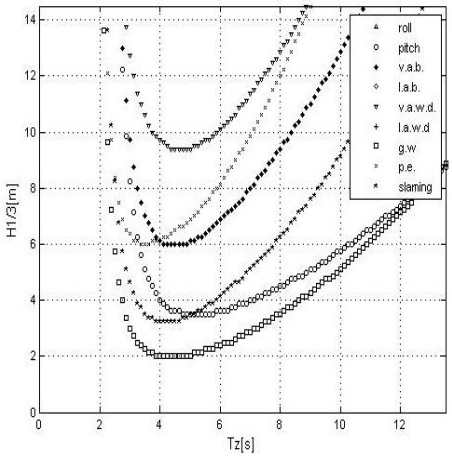


Figure 09. Maximum allowed significant wave height. All criteria for FV4 at $\beta = 180º$, Fn = 0.00.

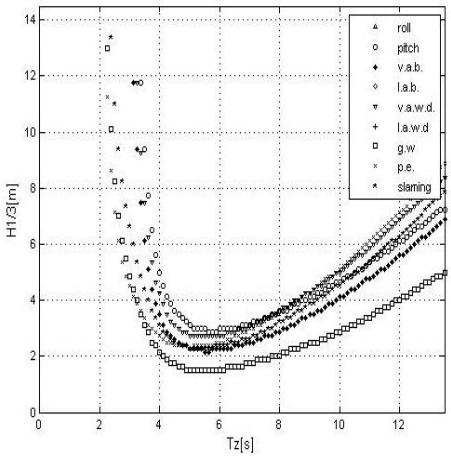


Figure 10 Maximum allowed significant wave height. All criteria for FV4 at $\beta = 180º$, Fn = 0.30.

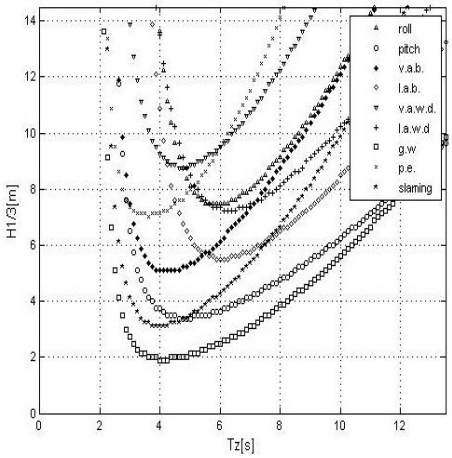


Figure 11: Maximum allowed significant wave height. All criteria for FV4 at $\beta = 150º$, Fn = 0.00.

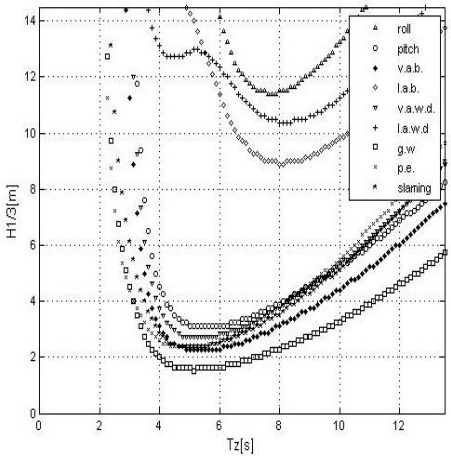


Figure 12: Maximum allowed significant wave height. All criteria for FV4 at $\beta = 150º$, Fn = 0.30.

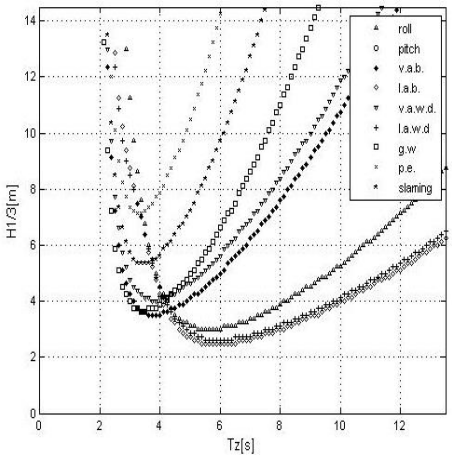


Figure 13: Maximum allowed significant wave height. All criteria for FV4 at $\beta = 90º$, Fn = 0.00.

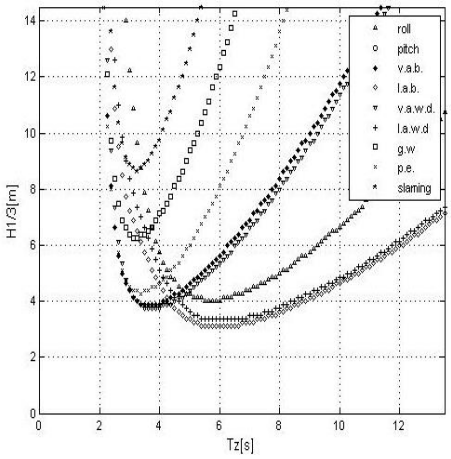


Figure 14: Maximum allowed significant wave height. All criteria for FV4 at $\beta = 90º$, Fn = 0.30.

Finally with the probability distribution of short-term seastates for a given ocean area, it is possible to select all seastates where the ship is operational. Summing up the

probabilities of occurrence of these seastates, one obtains the expected probability that the ship operates satisfying all the seakeeping criteria. This probability is the seakeeping index.

For an accurate realistic calculation of the ship operability it would be necessary to account for the distribution of wave directionality. Here the procedure was simplified by neglecting the wave directionality on the wave climate statistics, and assuming that the ship encounters all headings with the same probability.

Table 3 is a summary of the ship operability indexes obtained for all fishing vessels considering the criteria shown in Table 2. These indexes represent the expected percentage of time that the ship is operational, meaning the expected percentage of time that the ship satisfies the seakeeping criteria. For each vessel, different rows show the results for each heading of the vessel with respect to the waves. The last row presents the average value, which represents the global operational index of the vessel.

Portuguese and the Peruvian ships are analyzed operating in their operational areas Atlantic Ocean and Pacific Ocean, respectively. The scatter diagrams used in here describe the wave climatology for these two specific ocean areas (area 16 and 65 in, Hogben *et* al. (1986)). In the absence of a well defined mission speed profile for each vessel, two most representative velocities are considered, which correspond to Fn = 0.00 (dead condition) and Fn = 0.30 (sailing condition), and seven possible heading angles are analyzed.

Results presented in Table 3 confirms beam seas as the worst-case scenario in which the ship will operate. For example, FV1 loaded at light seagoing condition encountering beam waves at Fn = 0.00 will be able to operate complying with all the criteria only 14% of the time in one year (see column shaded in grey). It can also be noticed that roll and the lateral acceleration (LA) are the ones most limiting the operability for all the ships for both velocities.

In beam waves, the operability of FV1, FV2, FV3 improve when the ship's speed is increased and this is because the roll damping increases with the forward speed. On the other hand, the vertical ship responses (pitch motion) of FV4 increase with the forward speed in head and bow waves, as well as the related slamming and deck wetness

occurrences. For this reason the ship operability degrades from 0.94 to 0.87 for these headings when the speed increases from Fn = 0.00 to Fn = 0.30.

Table 3: Seakeeping performance and operability indexes of the Fishing Vessels at Fn = 0.0 and 0.30. Global wave statistics area 16 for FV1, FV2 and area 65 for FV3 and FV4.

SEAKEEPING PERFORMANCE AND OPERABILITY INDEXES OF THE FISHING VESSEL																					
FV	AT FROUDE 0.00											AT FROUDE 0.30									
	β	roll	pitch	va b	lab	vawd	lawd	gw	pe	slam	op	roll	pitch	va b	lab	vawd	lawd	gw	pe	slam	op
1	180°	1.00	0.70	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	0.70	1.00	0.58	0.60	1.00	0.75	1.00	0.87	0.92	0.75	0.58
	150°	0.87	0.75	1.00	0.60	1.00	0.67	1.00	0.99	1.00	0.60	0.99	0.60	0.61	0.88	0.80	0.94	0.94	0.94	0.87	0.60
	120°	0.44	0.94	0.99	0.15	0.99	0.23	1.00	1.00	1.00	0.15	0.86	0.87	0.80	0.46	0.88	0.61	1.00	0.99	0.99	0.46
	90°	0.28	1.00	0.99	0.14	0.99	0.14	1.00	1.00	1.00	0.14	0.84	1.00	0.99	0.45	0.99	0.46	1.00	1.00	1.00	0.45
	60°	0.44	0.97	0.99	0.15	0.99	0.23	1.00	1.00	1.00	0.15	0.94	0.98	1.00	0.70	1.00	0.70	1.00	1.00	1.00	0.70
	30°	0.87	0.80	1.00	0.60	1.00	0.61	1.00	0.97	1.00	0.60	1.00	0.88	1.00	0.99	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	0.88
	0°	1.00	0.73	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	1.00	0.73	1.00	0.84	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	0.84
	operability per year =						0.44					operability per year =					0.64				
2	180°	1.00	0.70	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	1.00	0.99	0.70	1.00	0.45	0.61	1.00	0.67	1.00	0.50	0.60	0.61	0.45
	150°	0.95	0.73	1.00	0.91	1.00	0.94	0.98	1.00	1.00	0.73	0.99	0.46	0.61	0.99	0.74	0.99	0.61	0.61	0.72	0.45
	120°	0.70	0.94	0.99	0.56	0.99	0.61	1.00	1.00	1.00	0.56	0.90	0.84	0.87	0.80	0.87	0.87	0.95	0.87	0.97	0.78
	90°	0.61	1.00	0.99	0.43	0.99	0.45	1.00	1.00	1.00	0.43	0.81	1.00	0.99	0.61	0.99	0.70	1.00	1.00	1.00	0.61
	60°	0.70	0.96	0.99	0.56	0.99	0.57	1.00	1.00	1.00	0.56	0.90	0.98	1.00	0.70	1.00	0.78	1.00	1.00	1.00	0.70
	30°	0.95	0.80	1.00	0.91	1.00	0.91	1.00	0.97	1.00	0.80	1.00	0.90	1.00	0.99	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	0.90
	0°	1.00	0.73	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	0.73	1.00	0.87	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.87
	operability per year =						0.65					operability per year =					0.68				
3	180°	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.84	1.00	0.84	1.00	0.83	0.92	1.00	0.97	1.00	0.75	0.74	0.86	0.74
	150°	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92	1.00	0.92	1.00	0.90	0.92	1.00	0.98	1.00	0.84	0.74	0.92	0.74
	120°	0.99	1.00	1.00	0.84	1.00	0.97	1.00	0.99	1.00	0.84	1.00	0.97	0.95	0.95	0.99	0.99	0.95	0.86	0.99	0.85
	90°	0.94	1.00	1.00	0.74	1.00	0.83	1.00	0.99	1.00	0.74	0.99	1.00	1.00	0.83	1.00	0.95	1.00	0.99	1.00	0.83
	60°	0.99	1.00	1.00	0.92	1.00	0.92	1.00	0.92	1.00	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	30°	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.73	1.00	0.73	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	0.99
	0°	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.63	1.00	0.63	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92	1.00	0.92
	operability per year =						0.80					operability per year =					0.87				
4	180°	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92	1.00	1.00	0.92	1.00	0.95	0.84	1.00	0.95	1.00	0.58	0.92	0.84	0.58
	150°	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92	1.00	1.00	0.92	1.00	0.97	0.84	1.00	0.95	1.00	0.68	0.92	0.92	0.68
	120°	0.99	1.00	1.00	0.95	1.00	0.99	0.99	1.00	1.00	0.94	1.00	1.00	0.94	0.99	0.98	1.00	0.92	0.97	0.99	0.92
	90°	0.97	1.00	1.00	0.84	1.00	0.93	1.00	1.00	1.00	0.84	1.00	1.00	1.00	0.95	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	0.95
	60°	0.99	1.00	1.00	0.95	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	30°	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	0.99
	0°	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	0.99
	operability per year =						0.94					operability per year =					0.87				

Comparing roll motion and lateral accelerations of FV1 and FV2, it is interesting to confirm that two ships with similar main dimensions (Lpp and B), the hullform of “U” type has enhanced seakeeping performance than the “V” type one. FV4 having much larger main dimension than FV3 also present better seakeeping performance. Moreover, FV1 with LOA less than 24 meters should be operated only coastal waters and fishing trips (dead condition) in rough weather conditions should be clearly avoided. As a general conclusion, the seakeeping qualities of the fishing vessels are adequate. However,

they could be improved by reducing the roll motion amplitudes. One possibility that deserves to be considered is the use of efficient systems to control the roll motion. Nevertheless, although it is implied that the vessel is operational when all criteria are satisfied at a given ship's speed. In practice, these vessels could be operational for longer periods than the estimated values, because a Master informed in advance by a decision support tool would change course or also reduce the speed to avoid stormy seas.

4. CONCLUSIONS

The assessment of the seakeeping quality of the four fishing vessels showed that in statistical terms the percentage of operability is smaller for zero speed (dead condition) than the top speed (Froude number 0.30). Roll motion and lateral acceleration are the ship responses that mostly limit the ship operability. Moreover, it is important to precise that most of the lowest operability indexes in beam seas are fundamentally due to large lateral accelerations which have a strong impact on crew and the machinery systems performance. In fact, these low operability indexes can be rationally utilized to explain the amount of claims in the Portuguese and the Peruvian fleet, and also why some researchers found machinery damage as one of the most probable occurrences.

Still with respect to safe operations, these fishing vessels should be also analyzed by means of a non-linear time domain method on some specific dynamic instability scenarios, such as parametric rolling and pure loss of stability in longitudinal waves, but also water-on-deck and extreme forces at the fishing gear developed during the fishing operations. Therefore, apart from statistical assessments of seakeeping performance of the fishing vessels at their specific "design points", it is also highly recommended to improve safety of fishing vessels in waves by means of installation of a decision support tool also based on the results of those non-linear time domain numerical assessments.

5. ACKNOWLEDGMENT.

This work has been performed within the project "SADEP-Decision support system for the safety of fishing vessels subjected to waves". The project has been financed by the Foundation for Science and Technology ("Fundação para a Ciência e a Tecnologia"), from the Portuguese Ministry of Science and Technology, under contract PTDC/EME-MFE/75233/2006.

6. REFERENCES.

Antão, P., Guedes Soares, C. 2004, "Analysis of Fishing Vessel Accidents (in Portuguese), As Actividades Marítimas e a Engenharia. C. Guedes Soares and V. Gonçalves de Brito (Eds.), Lisbon: Salamandra. pp. 627-643.

Guedes Soares, C., Fonseca, N., Centeno, R., 1995, "Seakeeping performance of Fishing Vessels in the Portuguese Economic Zone", Proceedings of the International Conference on Seakeeping and Weather, RINA, London, UK, 28th February-01 March, paper Nr. 12, pp. 1-10.

Fonseca, N. and Guedes Soares, C., 2002, "Sensitivity of the Expected Availability to Different Seakeeping Criteria", Proceedings of the 21st International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering OMAE2002, Oslo, Norway, 23-28 June, paper 28542.

Ikeda, Y., Himeno, Y. and Tanaka, N., 1978, "A Prediction Method for Ship Roll Damping" University of Osaka Prefecture, Re-port No 405.

Journée and Massie, 2001, "Offshore Hydrodynamics" Delft University Technology, first edition, pp. 280-390.

Longuet-Higgins, M.S., 1952, "On the Statistical Distribution of the heights of Sea Waves", Journal of Marine Research, Vol. 11, No. 3, pp. 245-260.

Ochi, M.K.(1964) "Extreme Behavior of a Ship in Rough Seas-Slamming and Shipping of Green Water," Transactions of the Society Naval Architects Marine Engineers (SNAME), Vol. 72.

Odabasi A.Y.,Fitzsimmons P.A., Ankudinov V.K. Wiley S.A. 1991. Seakeeping Considerations in Ship Design and their Incorporation in HDDS. BMT International, Report No. HDDS.P2SPEC.

Pérez-Rojas L., Arribas F.P., Rodríguez R.Z., Pacheco A.G. 2006, "On the Accidents of Small Fishing Vessels", Proceedings of the 8^{th} International Conference on the Stability of Ships and Ocean Vehicles, STAB'2006.. M. Neves (Ed), COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, pp 669-676

Pierson, W. J., and Moskowitz, L., A., 1964, "Proposed Spectral Form for Fully Developed Wind Seas Based on the Similarity Theory of S.A. Kitaigorodskii", Journal of Geophysical Research, Vol. 69, pp. 5181-5190.

Salvesen, N., Tuck, E. O. and Faltisen, O 1970 "Ship motion and sea loads", Transaction of the Society Naval Architects Marine Engineers (SNAME), Vol 78, pp. 250-287.

St. Dennis, M. and Pierson, W. J., 1953, "On the Motion Ships in Confused Seas", Transactions of the Society Naval Architects Marine Engineers (SNAME), Vol. 61, pp. 280-354.

Stevens, S. C. and Parsons, M. G., 2002, "Effects of Motion at Sea on Crew Performance: A Survey", Marine Technology, Vol. 39, Nº 1, pp. 29-47.

Wang J., Pillar A., Kwon Y.S., Wall A.D., Loughran Rodríguez C.G., 2005, "An Analysis of Fishing Vessel Accidents", Accident Analysis and Prevention, 37: 1019-1024.

FORMAÇÃO DE REDE DE TRANSPORTE RODOFLUVIAL URBANA NA AMAZÔNIA: o caso de Belém do Pará

Maisa Sales Gama Tobias
Universidade Federal do Pará e da Universidade da Amazônia
Rua dos Timbiras 1771, AP. 700, Belém-Pará, Brasil, CEP 66040470
tapajos@amazon.com.br

Maricele Silva Machado
Fundação Instituto para o Desenvolvimento da Amazônia
Avenida Alcindo Cacela 287, Belém-Pará, Brasil, CEP 66090600
maricelemachado@gmail.com

Humberto Paiva Junior
Centro Universitário de Belas Artes
Rua Santa Isabel, 160 - 3º andar, Belém-Pará, Brasil, CEP 01221-902
hpaivajr@yahoo.com.br

Este trabalho propõe a inserção das questões do planejamento do transporte hidroviário de passageiros numa ótica de planejamento urbano integrado. Para tanto, apresenta-se um estudo de caso de uma pesquisa que teve como proposta a formação de rede rodofluvial urbana na Região Metropolitana de Belém-RMB, beneficiando cinco municípios e quase dois milhões de habitantes e, ainda, a região Amazônica, dada a necessidade de preservação do meio ambiente. A metodologia é condicionada pelos objetivos a serem atingidos, se constituindo das seguintes partes: a) contextualização atual das condições atuais do sistema de transporte urbano; b) identificação de demanda potencial hidroviária e de aspectos críticos de tecnologia naval e portuária e c) estabelecimento do sistema operacional integrado rodofluvial. Dentre os resultados obtidos, houve a validação de algumas rotas; a constatação de que são necessários investimentos portuários e em embarcações; além da seleção de linhas rodoviárias para estudos de integração. No aspecto negativo, verificou-se que haveria dificuldade para o arranjo institucional de gestão do sistema e de recursos para a implantação do mesmo, sendo fundamental a discussão em torno do subsídio público para a viabilidade econômica serviço.

1. INTRODUÇÃO

No início da colonização, a função das cidades era de facilitar o fluxo de riquezas. Como tal, as cidades se localizavam perto das fontes de riquezas ou pertos de eixos naturais de transporte. A localização e a estrutura das cidades estiveram intimamente ligadas à evolução da tecnologia de transporte e o crescimento e o declínio destas, durante o tempo, tenderam a ser ligados às mudanças na tecnologia de transportes. Nos últimos tempos, houve um aperfeiçoamento maciço nessa tecnologia, o que alterou significativamente a paisagem urbana.

Atualmente, praticamente a totalidade das atividades humanas, sejam elas, dentre outras, comerciais, de lazer, econômicas, culturais, religiosas, educacionais, dependem em algum momento, para a sua execução, da prestação de serviços de transporte. O transporte urbano é de fundamental importância nas cidades, tanto no âmbito da eficiência econômica e da qualidade de vida quanto pelo seu importante papel na implantação da justiça social.

O transporte hidroviário é um dos mais antigos modos de transporte que se conhece, tendo desempenhado importante papel na penetração, povoamento e ocupação do interior dos continentes. Os rios e os mares funcionaram como caminhos naturais de ocupação, contribuindo para a integração espacial e social e, em decorrência, para a criação de oportunidades nas regiões menos acessíveis, tornando o transporte um meio de acesso mais democrático em relação às oportunidades existentes no meio urbano.

Em regiões metropolitanas, cada vez mais congestionadas em áreas continentais, o transporte hidroviário poderá ser integrado ao transporte rodoviário em deslocamentos urbanos, proporcionando o planejamento mais racional do sistema de transporte como um todo, reduzindo distâncias e contribuindo para a melhor eficiência e eficácia do mesmo.

No entanto, uma questão seria como efetuar a integração modal ao nível físico, o que exigiria um ponto de transbordo e, em nível operacional e tarifário, considerando modos de aspectos operacionais e de gestão com características tão diferenciadas. Desta forma, este trabalho se propõe a relacionar os aspectos envolvidos no uso integrado do transporte rodofluvial em área urbana, a partir de um estudo de caso em Belém do Pará.

2. PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO URBANO

A síntese histórica da evolução do urbanismo mostra que as cidades surgiram para atender às diferentes demandas de uma civilização em constante mudança e, assim, as pessoas foram se agrupando em busca de trabalho, proteção, lazer, etc. Dessa maneira, o planejamento surgiu da necessidade de integrar os diferentes aspectos de uma cidade, tais como crescimento, meio ambiente, educação e transporte.

No mundo atual, o planejamento cresce em importância, pois a maioria da população mundial vive em grandes cidades. Assim, o planejamento é um esforço humano conjunto e organizado, para que, modificando a sociedade, haja a aceleração do ritmo de desenvolvimento da coletividade (Morales, 2007). Neste sentido, o sistema de transporte urbano exerce função importante no processo de desenvolvimento, uma vez que a sua abrangência espacial e operacional poderá beneficiar grupos populacionais contidos no espaço urbano, como também, poderá provocar segregações de outros grupos que não são tão providos de acessibilidade ao sistema. Logo, a situação se torna uma questão de inclusão ou exclusão social. Por meio do planejamento de transporte, se torna possível trazer aquele que é excluído socialmente, pela inacessibilidade ao transporte, para uma sociedade que participe de todos os aspectos e dimensões da vida urbana em todo o seu contexto social.

De maneira geral, o transporte rodoviário é mais favorecido, por ser terrestre e pela vantagem de fazer o porta a porta, além de haver em países como o Brasil um privilégio do transporte individual sobre o coletivo e do motorizado sobre o não motorizado. Isto pode ser percebido pela expressão do desejo das pessoas em terem um automóvel e, também, em projetos de engenharia de tráfego que prejudicam sobremaneira os que estão em situação mais frágil no trânsito, tais como pedestres e ciclistas.

No que tange ao transporte hidroviário, têm-se como dificuldades iniciais a necessidade de transporte complementar na maioria dos casos e ter aspectos operacionais que o encarecem diante do transporte rodoviário, havendo ocorrência de subsídios operacionais no mundo todo, para torná-lo viável às comunidades urbanas mais carentes. Porém, traz vantagens de economia de espaço urbano, visto que tem grande capacidade de transporte e pode absorver boa parte do tráfego rodoviário sendo, também, menos poluente.

No ambiente de metrópoles congestionadas, torna-se interessante testar a viabilidade do transporte hidroviário em regiões onde haja a disponibilidade de recursos hídricos para a sua utilização, pois o emprego racional de todas as possibilidades de modos de transporte pode significar melhor qualidade de vida para a população.

3. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é a Região Metropolitana de Belém - RMB (Figura 1), com cerca de 1.795.536 habitantes e uma taxa anual de crescimento de aproximadamente 2,3 % (IBGE, 2000) na última década. É composta de cinco municípios: Belém, Ananindeua, Marituba, Benevides e Santa Bárbara.

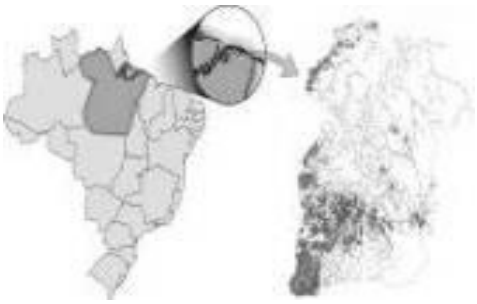


Figura 1: Região Metropolitana de Belém-Pará - localização

A Região Metropolitana de Belém – RMB está localizada no extremo norte do Brasil com uma área de 1,8 mil km^2 (IBGE, 2007). Uma característica marcante desta região é sua localização na foz do rio Amazonas, na frente do rio Pará, que desemboca na baía do Marajó ao Norte; pela baía do Guajará a Oeste; e ao Sul pelo rio Guamá. Esta situação geográfica favorece a formação de áreas insulares e no caso da RMB esta área insular é de 414,82 km², sendo constituída por 39 (trinta e nove) ilhas que fazem parte do município de Belém e oito ilhas integrantes do município de Ananindeua (Figura 2).



Figura 2: Região Metropolitana de Belém-Pará – vista continental

A área insular da RMB possui ocupação completamente diferenciada da área continental e, por sua vez, um desenvolvimento muito desigual. A população das ilhas é estimada em 62.835 habitantes e densidade habitacional de 151,47 hab/km² (SUDAM, 2002). A área insular pertencente ao município de Belém possui 342,52 km², destacando-se as ilhas do Mosqueiro com 22.085 ha e população estimada em 25.695 hab; Outeiro com 3.226,66 ha e 30.990 hab; Cotijuba, com 1.602 ha e população estimada em 3.450 hab.

As oito ilhas de Ananindeua possuem em conjunto área de 72,3 km², destacando-se como a maior ilha, João Pilatos, com 38,66 Km² e a menor, Ilha Redonda, com 1,06 Km². O principal meio de acesso a essas ilhas é através dos rios, porém o sistema de transporte fluvial desta região ainda é deficiente, principalmente, nos aspectos relacionados ao atendimento da demanda, sendo poucos os dados referentes ao comportamento desta população insular (Figura 3).



Figura 3: Região Metropolitana de Belém-Pará – vista insular

Na parte continental, o sistema rodoviário é predominante e possui três grandes eixos de estruturação da ocupação urbana: as Avenidas Almirante Barroso e Augusto Montenegro e a BR-316, os grandes vetores de crescimento atuais da RMB e para onde se tem a maioria da população sendo de periferia (Figura 4).



Figura 4: Av. Almirante Barroso – tráfego urbano

O corredor da Avenida Almirante Barroso, que é o grande eixo de penetração rodoviária ao centro de Belém, se mantém nos dias atuais, menos que no passado, o maior pólo atrator de viagens. O sistema de transporte coletivo urbano é totalmente rodoviário, desarticulado do sistema de transporte hidroviário urbano, apesar de ao longo da orla da RMB haver pelo menos 27 portos e diversas embarcações de pequeno e médio porte, fazendo transporte de passageiros.

3.1. Aspectos socioeconômicos da população ribeirinha

O extrativismo vegetal, a horticultura, a produção de utensílios e a pesca de peixe e camarão são as principais atividades econômicas dos ribeirinhos (Figura 5).



Figura 5: Atividades econômicas nas Ilhas de Belém (SUDAM, 2002 e D-Fluvial, 2007)

Basicamente, as ilhas abastecem os municípios da RMB e as iniciativas empreendedoras são individuais ou em forma de cooperativas, apresentando ainda traços de uma economia bastante frágil. Há muitos poucos estudos oficiais e já desatualizados sobre o perfil populacional das Ilhas, sendo assim, os dados apresentados neste trabalho foram obtidos da pesquisa D-Fluvial, coletados em janeiro de 2008, sobre padrões socioeconômicos da população. A Figura 6 ilustra momentos da pesquisa de campo.



Figura 6: Pesquisa de campo (D-Fluvial, 2008)

Na Tabela 1 estão contidos os principais dados. A infra-estrutura social básica das ilhas é rústica e precária: a maioria das residências é de casa de madeira, exceto nas duas maiores ilhas (Mosqueiro e Outeiro); não existe água potável, logo há a necessidade de poços artesianos e a energia elétrica é gerada por motores a óleo diesel.

3.2. Aspectos de transporte

Na parte continental da RMB as características básicas do transporte apresentam indicadores bastante comuns em metrópoles sul-americanas:

- 2,0 milhões de habitantes (IBGE, 2007)
- 169 mil automóveis (IBGE, 2007)
- Motorização: 84,5 autos/1000 hab (IBGE, 2007)
- 1,9 milhões viagens/dia em transporte coletivo, 60% das viagens urbanas (BRASIL, 2001)
- 1,3 milhões viagens/dia em transporte individual (BRASIL, 2001)

Tabela 1: Padrões socioeconômicos da população da Ilhas (D-Fluvial, 2008)

Padrões	Escala	Valores (%)
Renda	Até R$ 200,00	4,6
	R$ 200,00 - R$ 400,00	44,1
	R$ 400,00 - R$ 600,00	11,2
	Acima de R$ 600,00	27,6
	Não informou	12,5
Idade	Até 20 anos	9,9
	21-40 anos	49,3
	41-60 anos	30,9
	Acima de 60 anos	9,9
Instrução	Analfabeto	5,3
	Fundamental	55,3
	Médio	33,4
	Superior	6,0
Atividade	Comerciante	30,5
	Dona-de-casa	18,9
	Autônomo	8,5
	Pesacdor	8,5
	Transportador	4,3
	Estudante	3,7
	Aposentando	2,4
	Agricultor	2,4
	Outros	20,8

Na parte insular, o transporte é predominantemente fluvial, exceto nas ilhas de Mosqueiro e Outeiro, que possuem ligação rodoviária. É comum paisagens, apresentadas nas Figuras 7 e 8,

com a presença de embarcações e trapiches dos mais diversos arranjos de projeto. A freqüência de viagens hidroviárias das ilhas para o continente tem a seguinte proporção: diária: 32,3%; semanal: 29,6%; quinzenal: 15,3%; mensal: 19,1% e há pessoas que nunca viajam: 3,9%. Os principais motivos de viagem são: trabalho (20,1%); saúde (10,4%) e estudo (9,33%). Por outro lado, os motivos de viagem que mais atraem pessoas para as ilhas são: lazer (47, 97%) e pessoas que visitam a família (19,17%).



Figura 7: Características das embarcações nas Ilhas de Belém (D-Fluvial, 2007)



Figura 8: Características portuárias nas Ilhas de Belém (D-Fluvial, 2007)

Quanto à demanda de viagens: a SUDAM (2002) determinou mais de três mil viagens/dia na orla. Somente em Cotijuba, a terceira maior ilha da região, a Companhia de Transportes do Município de Belém – CTBEL, que opera a travessia entre Belém e Cotijuba, registrou em 2005 em média 17 mil passageiros fora pico e, no mês de julho (o pico), cerca de 50 mil passageiros, totalizando aproximadamente 240 mil passageiros ao ano.

A oferta de transporte, de maneira geral, é espontânea e de baixa confiabilidade. Como serviço regular existe apenas a Linha Belém-Cotijuba, com subsídio da Prefeitura de Belém, possuindo duas saídas diárias para Cotijuba: uma pela manhã e outra no final da tarde. Os

demais horários são cobertos por barqueiros que freqüentem o mesmo terminal portuário (Figura 8). Nesta ilha e nas demais ilhas, onde o transporte fluvial é o único modo de transporte, o transporte é feito pela iniciativa privada, sem controle do poder público.

3.3. Condicionantes de Planejamento de Transporte hidroviário

- *Localização geográfica:* o rio por si só serviu como barreira de ocupação territorial. A existência de afastamento terrestre favoreceu o desenvolvimento desigual, havendo uma realidade insular completamente diferenciada da porção continental. Este aspecto dificulta a acessibilidade física e a implantação de infra-estrutura social básica: água, energia, escolas, postos de saúde e eleva o custo de vida. Por outro lado, a abundância de rios, entrecortando o território, potencializa o emprego do transporte hidroviário como modo mais adequado para este tipo de espaço urbano;
- *Ausência de gestão pública e de oportunidade de trabalho:* a falta de serviços básicos à população, tais como água potável e energia e a carência de serviços de saúde são indicadores da necessidade de maior atenção por parte do poder público. No que diz respeito ao transporte, o mesmo é feito sem normas disciplinadoras, as embarcações são inadequadas e a estrutura portuária é deficiente. A falta de investimentos no setor dificulta as atividades econômicas e, com isto, diminui a possibilidade de fixação da população na porção insular, de geração de renda e de maior articulação com a porção continental, o que torna esta situação excludente socialmente;
- *Falta de identidade ou de sensação de pertencimento da população em relação à Belém*: os aspectos anteriores provocam na população insular, como foi verificada *in loco*, a sensação de que não pertencem ao município e sempre se referem a ele, quando se deslocam, como se fosse um a outro lugar, um espaço distante no imaginário de todos. Isto se expressa na pouca participação dos mesmos em reivindicações próprias das populações urbanas;
- *População de baixa renda com demanda social por transporte:* na Tabela 1, pode-se observar que metade da população tem renda familiar de um salário mínimo, sendo adulta, de baixo nível de instrução, com atividades ligadas ao comércio. Observa-se, ainda, que a maioria realiza com freqüência viagens para Belém motivada pela demanda social por trabalho e saúde e, em contrapartida, a maioria dos que chegam é para o lazer, ou seja, as ilhas são consumidoras por excelência dos serviços urbanos de Belém e

dependem em grande parte da atividade turística. Estes movimentos são essenciais para a sobrevivência da população local e se manifestam por meio de uma demanda acentuada por transporte hidroviário, com expressiva quantidade diária de viagens;

- *Demanda reprimida:* há pessoas que não viajam e, julgando pela ausência de serviços sociais básicos nas ilhas acrescido da falta de oportunidade de trabalho, as mesmas vivem em condições degradantes do ponto de vista da dignidade humana. O que torna a questão do transporte mais grave, pois isola por completo pessoas que poderiam estar vivendo em melhores condições.

4. PROPOSTA DE REDE DE TRANSPORTE RODOFLUVIAL

Para efeito de planejamento, a RMB foi dividida em subáreas (ver Figura 9), uma parte em destaque para as ilhas de Belém e Ananindeua, onde somente o transporte fluvial existe e, outra parte, relativa às ilhas que possuem ligação rodoviária. Para efeito de aglomeração, também, foi considerada a localização geográfica e a situação sócio-econômica das ilhas. A resultante foi a subdivisão das Ilhas em oito subáreas de planejamento.



Figura 9: Divisão da RMB em áreas homogêneas de planejamento (D-Fluvial, 2008)

Algumas considerações iniciais são importantes de destacar a respeito do sistema: Áreas 1, 2 e 5 são dependentes do modo fluvial (coletivo); Dois tipos de ligação fluvial polarizadas por Icoaraci (Distrito no Norte da RMB) e Belém e Nas áreas 3, 4, 6, 7, 8 o transporte coletivo concorre com o individual.

Na região Norte da RMB, as ligações fluviais entre um Distrito chamado Icoaraci e o centro do município de Belém são concentradas neste Distrito, havendo necessidade de transbordo

para acessar o destino final. Mas. Existe a opção rodoviária, com ligações diretas com o centro de Belém, não havendo necessidade de transbordo, porém, o tempo de viagem atual é de mais de uma hora em horário de pico, em ônibus superlotados e com o sistema convencional de paradas. Na região Sul existem ligações somente fluviais, tendo diversos pequenos portos, sendo o principal chamado de Princesa Isabel, por onde há grande oferta de linhas rodoviárias para o centro de Belém.

4.1. Subáreas de Planejamento de Transporte

Os dados de revisão de dados secundários bibliográficos e de levantamento de campo da pesquisa D-Fluvial (2008) apresentam as seguintes informações as áreas de planejamento:

- Na subárea 1 existe 4.274 hab, cerca de 2.026 pass/dia, com um único serviço público regular subsidiado de duas viagens dia, com embarcação para 400 passageiros, havendo também a oferta de diversos barqueiros. A distância fluvial é de 8 km de Icoaraci e 21,5 km do centro de Belém. Os principais motivos de viagens são: compras, trabalho e lazer. Na subárea 2 existe 1.370 hab, cerca de 1.538 pass/dia, sem serviço regular, mas freqüente de barqueiros e distância média de 2,3 km. Os principais motivos de viagens são: compras, trabalho e saúde.
- Na subárea 3 existe aproximadamente 36.137 hab, cerca de 600 a 800 pass/dia, sem serviço fluvial regular, distante via fluvial 3 km de Icoaraci. Há uma ponte que liga esta subárea a Icoaraci e por onde é possível o uso do modo rodoviário. Os principais motivos de viagens são: compras trabalho e estudo. Na subárea 4 existe aproximadamente 22.469 hab, cerca de 33.115 viagens/dia, com 90% internas e 10% externas (BRASIL, 2001). Os principais motivos de viagens são: compras trabalho e estudo. Há uma ligação rodoviária com 14,9 km do Distrito de Icoaraci e 32 km do centro de Belém.
- Na subárea 5 existe aproximadamente 570 hab, sem serviço fluvial regular, havendo diversas comunidades espalhadas, com dificuldades de acesso e que, geralmente, possui transporte fluvial próprio. Os principais motivos de viagens são: compras, trabalho e estudo. Há uma ligação rodoviária com 14,9 km do Distrito de Icoaraci e 32 km do centro de Belém.

- Na subárea 6 existe aproximadamente 136.166 hab, taxa de crescimento demográfico de 5,94% ao ano, cerca de 59.558 viagens/dia, sendo 67% externas, e acesso rodoviário ao centro de Belém a 19,7 km e 17,2 km fluvial. Na subárea 7 existe aproximadamente 49.474 hab, com taxa de crescimento demográfico de 3,75% ao ano, cerca de 28.459 viagens/dia, sendo 88% externas, e acesso rodoviário ao centro de Belém distante 15,6 km rodoviário e 14,3 km fluvial. Na subárea 8 existe aproximadamente 55.095 hab, cerca de 16.015 viagens/dia, sendo 93% externas, e acesso ao centro de Belém distante 15,9 km rodoviário e 11,5 km fluvial. Em todas estas subáreas é utilizada somente a ligação rodoviária para passageiros. Logo, qualquer ligação a ser proposta seria com base na potencialidade de demanda, pela densidade habitacional da região e pelos desejos de viagem rodoviária.

4.2. Sistemas de Transporte Rodofluvial

Com base nas expectativas de demanda e nos desejos de viagem rodoviárias e fluvial da população (D-Fluvial,2008), tem-se na Figura 10 a rede intermodal de transporte.

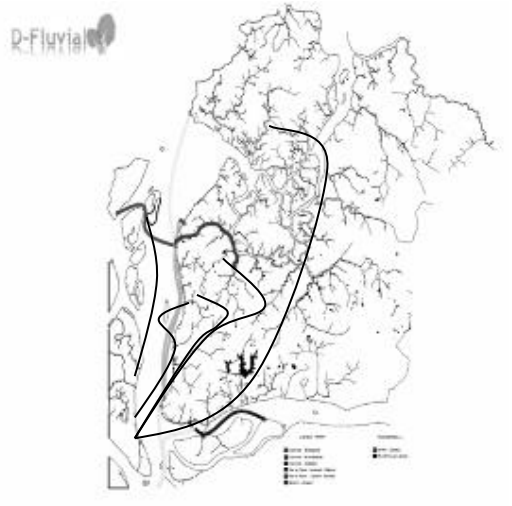
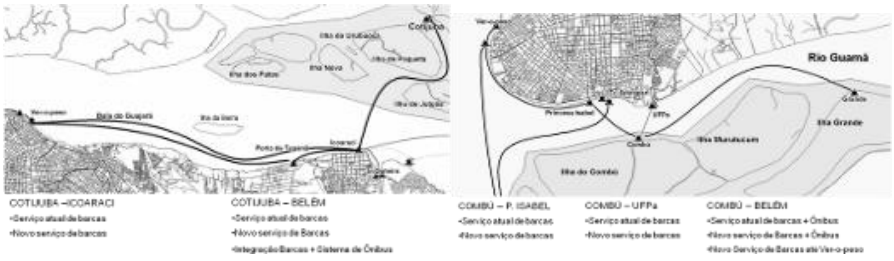
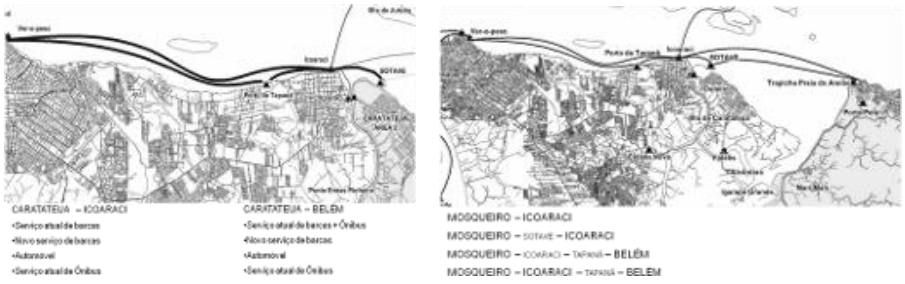


Figura 10: Rede Intermodal de Transporte Urbano (D-Fluvial, 2008)

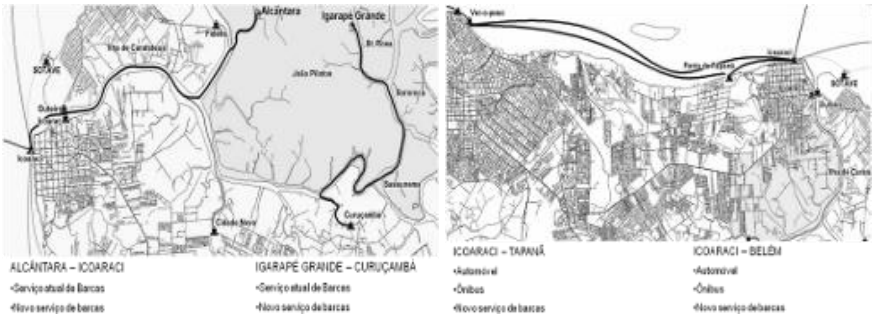
Mais especificamente, as ligações rodofluviais teriam as expressões a seguir:



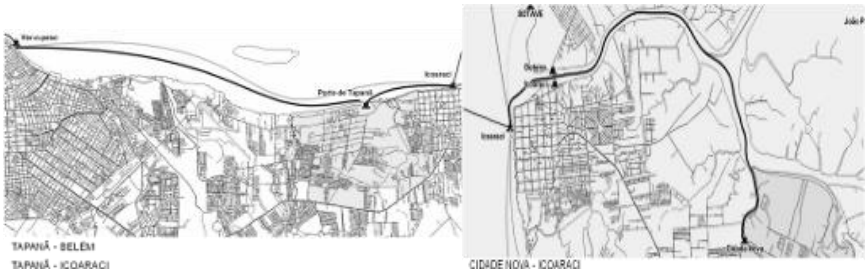
Área 1 Área 2



Área 3 Área 4



Área 5 Área 6



Área 7 Área 8

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No quadro de condicionantes assinalados para a situação do transporte nas Ilhas de Belém, a atividade de planejamento do transporte hidroviário deverá considerar aspectos, tais como:

- A elaboração de uma rede transporte hidroviário principal que possa se articular com o sistema de transporte urbano da porção continental e fomentar as atividades desenvolvidas nas ilhas que gerem renda e bem-estar social;

- A elaboração de estrutura operacional que atenda as especificidades da demanda, em termos de horários e rotas e, ainda, em termos de equipamentos de apoio e de embarcações;
- A elaboração de uma estrutura tarifária que proporcione a integração dos sistemas de transporte urbano, com condições de pagamento da população, que é de baixa renda. Também, há de se estudar o sistema de gestão deste transporte metropolitano, uma vez que os sistemas atuais de transporte urbano: rodoviário e hidroviário não se comunicam e possuem características completamente diferenciadas de operação.

A demanda de transporte e a oferta precisam ser diferenciadas em função das especificidades da demanda e da necessidade de tecnologia adequada às necessidades, como também, deve haver a regulamentação do serviço para viabilizar novos investimentos no serviço. Por outro lado, há necessidade de desenvolvimento de estudos, uma vez que sobre a região insular da Região Metropolitana de Belém existe poucos dados a respeito da população, logo, havendo muita dificuldade em se planejar o transporte.

Bibliografia

BRASIL. Agência de COOPERAÇÃO INTERNACIONAL DO JAPÃO. **Plano diretor de transporte urbano da região metropolitana de Belém**. Belém: JICA/EMTU, 1991. Relatório Final.

_____; _____. **Plano diretor de transporte urbano da região metropolitana de Belém**. Belém: JICA/COHAB, 2001. Relatório Final.

D-Fluvial (2007) – *Demanda Potencial e Formação de Rede Rodofluvial na Região Metropolitana de Belém.* 151 p. Universidade da Amazônia/Universidade Federal do Pará, Belém. (Relatório de Pesquisa, Fase de Diagnóstico).

D-Fluvial (2008) – *Demanda Potencial e Formação de Rede Rodofluvial na Região Metropolitana de Belém.* 138 p. Universidade da Amazônia/Universidade Federal do Pará, Belém. (Relatório de Pesquisa – Fase de Modelagem de Demanda).

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2000) – *Censo demográfico – população residente.* Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.

____. *IBGE-Cidades@:* contagem população de 2007 e área da unidade territorial. 2007. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat>. Acesso em: 10 out. 2007.

MORALES, P. R. D. (2007) – *Planejamento urbano: enfoque operacional*, Fundação Ricardo Franco, Rio de Janeiro.

SUDAM (2002) – *Transporte Fluvial nas Ilhas da Área Metropolitana de Belém.* 224 p. Superintendência para o Desenvolvimento da Amazônia, Belém. (Relatório de Pesquisa).

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO HIDRODINÁMICO DE APÉNDICES DE POPA EN CASCOS DE DESPLAZAMIENTO

M. Salas[1] msalas@uach.cl , P. Jimenez[1] , J. Ahumada[1]

P. Sepúlveda[2] y A. Gómez[3]

[1] Instituto de Ciencias Navales y Marítimas, Universidad Austral de Chile

[2] Geprocom. [3] Dirección de Ingeniería de Sistemas Navales, Armada de Chile

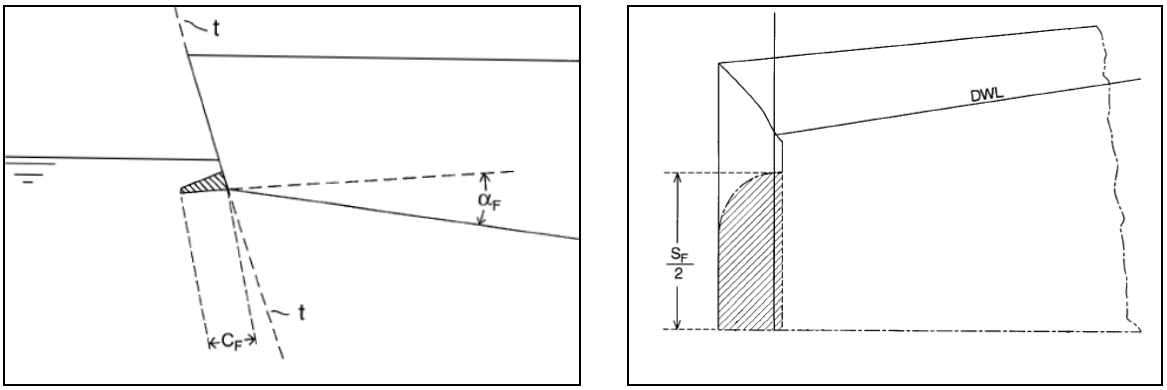
Resumen

Los efectos de una serie de flaps de popa en el rendimiento hidrodinámico de un casco de desplazamiento fueron evaluados mediante ensayos en el canal de pruebas hidrodinámicas de la Universidad Austral de Chile. Se obtuvieron configuraciones de flaps de popa de envergadura y cuerda fija con variación del ángulo de flap. Se evaluaron velocidades típicas de una embarcación de superficie para verificar los rangos de velocidad en que es ventajoso o perjudicial la instalación de estos apéndices. Los ensayos se realizaron con trimado fijo, condición aceptable en el rango de velocidades estudiado y dada la relativa esbeltez del casco ensayado. El rendimiento del casco sin flap fue también evaluado con el objeto de comparar el beneficio relativo obtenido para cada configuración de flap. Las principales características de los flaps ensayados fueron obtenidas de las recomendaciones de diseño existentes, las cuáles provienen principalmente de la experiencia en el diseño en embarcaciones militares de desplazamiento. Los ensayos mostraron resultados potencialmente beneficiosos, lo cual debe ser eventualmente comparado con ensayos en canales virtuales (CFD) e idealmente ratificado con pruebas a escala real.

1. Introducción

El flap de popa es un apéndice construido de una placa ubicada en el espejo con un ángulo relativo al fondo de la embarcación. La interacción con el casco causa variaciones en el trimado, reduce la resistencia a la propulsión y aumenta la velocidad máxima alcanzable.

Este tipo de apéndice comienza en el borde inferior que conforman la unión del espejo y el fondo del casco. Los parámetros principales para el diseño de la geometría de un flap de popa son: cuerda (C_F), envergadura (S_F) y ángulo (α_F), ver figura 1.



a) Vista de perfil *b) Vista horizontal*

Fig. 1: características geométricas de un flap de popa, t (espejo), DWL (línea de flotación)

Existen otras características de la geometría del flap tales como forma de los bordes extremos, la variación transversal del espesor y el acabado de empalme de flap con el casco.

Estos apéndices son un mecanismo eficaz a velocidades correspondientes a $F_n > 0,2$. En la literatura técnica [1], [2], se recomienda considerar que las variables de los flaps estén dentro de los siguientes rangos:

- La cuerda entre 0,5 y 2,5% de L_{pp}
- El ángulo efectivo entre -10º a +15º
- La envergadura debe alcanzar el máximo valor posible

1.1. Beneficios de los flaps de popa

Los factores beneficiosos de los flaps son:

- Cambio positivo sobre el trimado
- La fuerza de lift desarrollada
- Decrecimiento de la velocidad y aumento de la presión del flujo de la zona de popa
- Reducción de la energía del campo lejano y cercano de las olas
- Aumento de la eslora efectiva del barco

- Disminución del desplazamiento dinámico de la nave
- Mejoras en las características de cavitación y niveles de vibración

La aplicación de un flap de popa sobre naves de planeo induce cambios en el trimado, hasta 2º, mientras que las embarcaciones de desplazamiento (como es el caso de la nave del presente estudio) registran cambios despreciables de trimado, en el orden de solamente 0,2º.

2. Comportamiento del flujo en la zona de popa

La manera en que el flujo se comporta en la zona de popa puede ser dividida en tres fases: de baja velocidad, de transición y de alta velocidad.

Para la fase de baja velocidad, la zona del espejo y el flap están completamente mojados y el flujo no presenta separación del casco. En la fase de transición ocurre el cambio de fase de baja velocidad al de alta velocidad, este rango de velocidades se ubica generalmente entre $0,3 < F_n < 0,6$. En la tercera fase, la de alta velocidad, el flujo se separa libremente, en forma ordenada del borde exterior del flap.



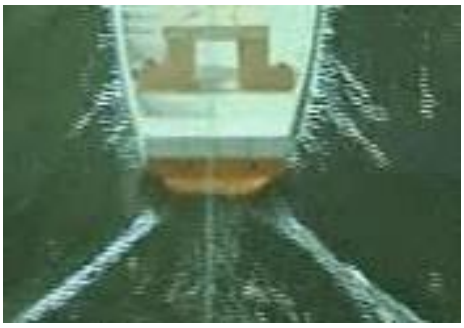


Fig. 2: a) Casco a 22 nudos sin flap b) Casco a 22 nudos con flap a 15º

En la figura 2, se puede apreciar el efecto de un flap sobre el flujo de salida del modelo ensayado a 22 nudos. En la figura 2-a modelo a casco desnudo. En la figura 2-b con flap de popa a 15º.

El flujo que se encuentra en la zona del espejo se ve afectado por pérdida de energía del campo próximo al casco debido a fenómenos de origen de presión viscosa. La aplicación de un flap provoca en el flujo de esta zona una disminución de: altura de ola, pendiente y posición de la primera cresta de ola, en la salida del espejo, y cantidad de espuma en las olas de salida de los bordes del flap.

2.1. Variaciones de las fuerzas de lift y drag

Un flap de popa en todas las condiciones generará una fuerza de lift y drag sobre la embarcación. El drag tiene un sentido contrario al avance de la nave. Los valores altos de drag se generan en el rango de bajas velocidades y disminuye a medida que aumenta la velocidad y se logra una mayor uniformidad en la separación de flujo. El lift tiene un sentido vertical y perpendicular al drag (ver figura 3).

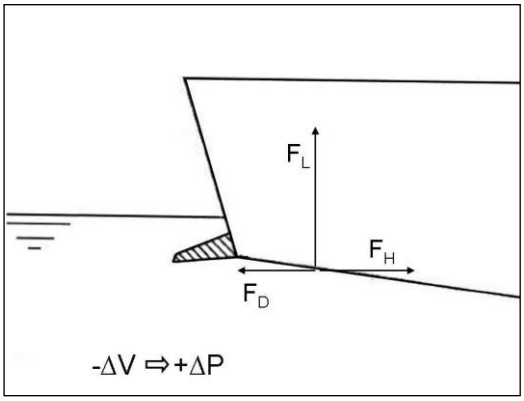


Fig. 3: fuerzas generadas por el aumento de presión en la zona de popa

F_L = *fuerza de lift*

F_D = *fuerza de drag*

F_H = *fuerza horizontal*

$-\Delta V$ = *decrecimiento de velocidad*

$+\Delta P$ = *aumento de presión*

3. Introducción para el ensayo experimental

3.1. Descripción general de la nave en estudio

La nave de desplazamiento en estudio corresponde a las formas de una unidad de superficie moderna. Las formas se extrajeron a partir del casco digitalizado en un software de diseño.

Características principales:

-Vel. máx. : 30,0 Kn

-Eslora : 148,2 m

-Manga : 13,9 m

-Calado : 4,6 m

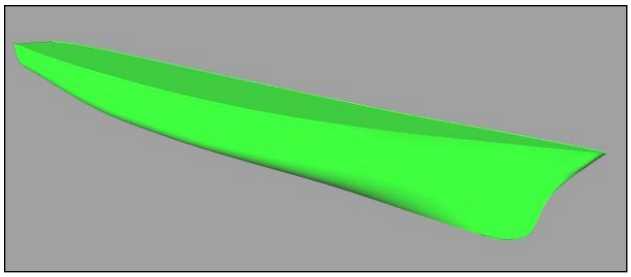


Fig. 4: modelo digital del monocasco en estudio

3.2. Descripción del modelo a ensayar

La escala del modelo (λ) fue de 80. La construcción fue regida por las recomendaciones de la ITTC para la manufactura de modelos. La definición de los estimuladores fue realizada según las recomendaciones del Ship Report Nº 10 de NPL, de Hughes y Allan. Las dimensiones principales del modelo a la escala definida fueron:

L_{oa} = 1.764,0 mm B_{max} = 184,0 mm D = 100,0 mm

$L_{wl|}$ = 1.704,0 mm T = 57,5 mm Δ = 9,27 Kg

3.3. Selección de la serie de flaps

Para escoger los flaps de la serie se tomó en consideración los tres principales parámetros geométricos: envergadura, cuerda, ángulo. Para realizar la selección de estos parámetros se tomó como apoyo las consideraciones de diseño ya existentes y también una base de datos sobre ensayos del canal de pruebas del David Taylor Model Basin.

Los extremos de las regiones finales del flap fueron construidos con una curvatura de radio igual a la longitud de la cuerda y se procuró mantener la longitud de cuerda efectiva en toda la extensión del flap. La siguiente tabla presenta las dimensiones de los flaps de la serie.

Nº Flap	α_F (º)	C_F $\%L_{pp}$	C_F Prototipo (m)	C_F Modelo (mm)	S_F Prototipo (m)	S_F Modelo (mm)
1	0	1,0	1,32	16	7,0	87,5
2	5	1,0	1,32	16	7,0	87,5
3	10	1,0	1,32	16	7,0	87,5
4	15	1,0	1,32	16	7,0	87,5

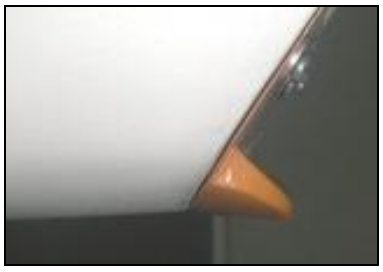
Tabla 1: dimensiones de los flaps



a) Flap Nº 1, 0º de inclinación



b) Flap Nº 2, 5º de inclinación



c) Flap Nº 3, 10º de inclinación



d) Flap Nº 4, 15º de inclinación

Fig. 5: vista lateral del modelo con cada uno de los flaps ensayados

3.4. Extrapolación de resultados

El ensayo fue realizado bajo la ley de similitud de Froude. La resistencia por fricción del modelo fue calculada utilizando el coeficiente de fricción según ITTC-78. La corrección en el coeficiente de fricción del modelo por efecto de rugosidad y curvatura se hizo según ATTC ($4*10^{-4}$). La resistencia por apéndices para efectos del estudio, se estimó en el orden del 7% de la resistencia del casco desnudo. La resistencia por aire, se determinó usando la recomendación de Baker en que: $R_a = C_A \times 1/2 \times \rho_A \times V_b^2 \times A$.

4. Resultados del ensayo experimental

4.1. Objetivos

Por medio de este análisis experimental de resistencia al avance se obtuvieron dos grupos de resultados sobre la influencia hidrodinámica causada por una serie de flaps de popa en una embarcación de superficie. Los grupos de resultados corresponden al modelo sin y con estimuladores de turbulencia, referidos como etapa Nº 1 y 2.

4.2. Generalidades

En la etapa Nº 1 se realizaron los ensayos del primer grupo de valores, donde el modelo está sin estimuladores de turbulencia, esto con motivo de ser utilizados en un estudio posterior de correlación de resultados canal con simulación de un CFD.

La etapa Nº 2 abarca los ensayos para obtener el segundo grupo de datos y, a diferencia de la etapa Nº 1, con la presencia de estimuladores de turbulencia en el modelo, para realizar la extrapolación a prototipo y hacer un análisis de la influencia hidrodinámica de la serie de flaps sobre la unidad de desplazamiento en estudio.

Las consideraciones de los ensayos fueron:

- El rango de velocidades estudiadas fue entre 14 y 30 nudos
- Se realizaron ensayos cada dos nudos
- El modelo fue ensayado a un único calado y parejo de 4,6 m en escala real.
- El punto de remolque fue ubicado en el LCF del calado de ensayo
- En los ensayos no se realizaron mediciones de trimado
- El fluido del canal de pruebas corresponde a agua dulce

Las condiciones ensayadas se resumen en la tabla 2 y los valores de temperatura tabulados, hacen referencia al agua del canal pruebas.

Nº Condición	Flaps	T ºC	
1	S/F	11	ETAPA N°1
2	0º	11	
3	5º	13	
4	10º	13	
5	15º	13	
6	S/F	13	ETAPA N°2
7	0º	13	
8	5º	13	
9	10º	13	
10	15º	13	

Tabla 2: condiciones ensayadas

4.3. Resultados etapa N° 1

La tabla 3 presenta un resumen de los resultados obtenidos de la etapa Nº 1 de los ensayos. En este resumen de datos se expresa la resistencia del modelo a la velocidad del modelo en metros por segundos correspondiente a la velocidad en nudos de la escala natural.

Vel. Prototipo (Kn)	Vel. Modelo (m/s)	Sin Flap Resist. (gr)	Flap 0º Resist. (gr)	Flap 5º Resist. (gr)	Flap 10º Resist. (gr)	Flap 15 Resist. (gr)
14	0,805	55,1	58,0	59,3	60,4	60,6
15	0,863	61,1	64,1	64,0	66,4	65,9
16	0,920	69,1	71,6	70,5	73,1	72,7
17	0,978	80,7	81,2	80,2	81,2	82,4
18	1,035	94,5	92,9	92,1	91,6	94,9
19	1,093	108,9	106,2	104,8	105,0	109,0
20	1,150	123,3	119,7	118,1	119,9	123,1
21	1,208	137,0	132,3	131,7	133,1	135,6
22	1,265	149,9	144,9	145,1	145,4	147,4
23	1,323	162,2	158,8	158,1	157,9	159,4
24	1,380	176,0	174,5	172,0	171,7	173,0
25	1,438	193,7	192,4	190,4	188,6	190,1
26	1,495	217,2	213,5	216,2	211,6	212,9
27	1,553	244,8	240,0	242,4	239,7	239,1
28	1,610	275,7	272,5	269,2	270,9	268,7
29	1,668	309,7	306,9	300,7	302,5	303,4
30	1,725	345,7	341,4	337,6	334,0	342,7

Tabla 3: Resumen de los resultados etapa Nº 1

4.4. Resultados etapa Nº 2

4.4.1. Curvas de potencia efectiva en condición de viaje de pruebas

Los siguientes diagramas presentan las curvas de potencia efectiva, EHP, en condición de viaje de pruebas. Los gráficos son presentados en unidades de nudos por HP.

Los siguientes gráficos presentan los resultados del modelo con cada uno de los flaps de la serie y, además, se presenta trazada la curva de la nave sin flaps.

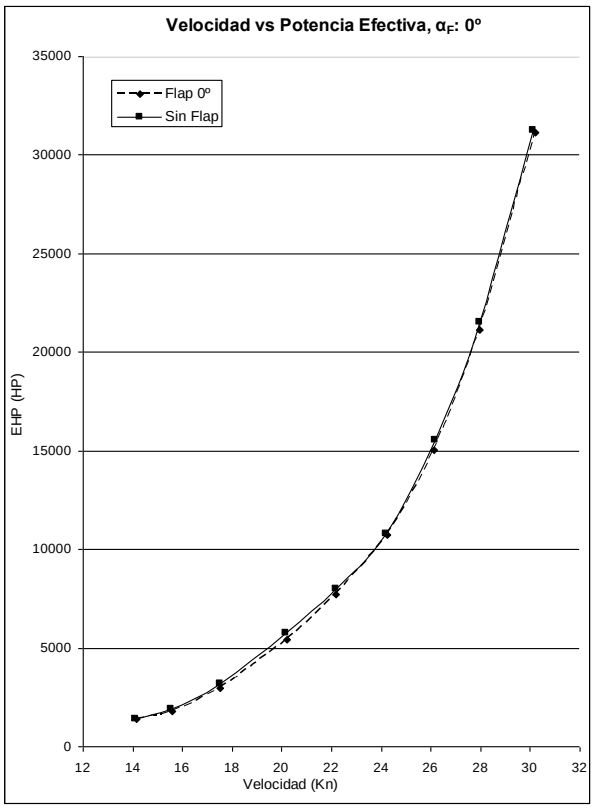


Figura 6: flap 0°

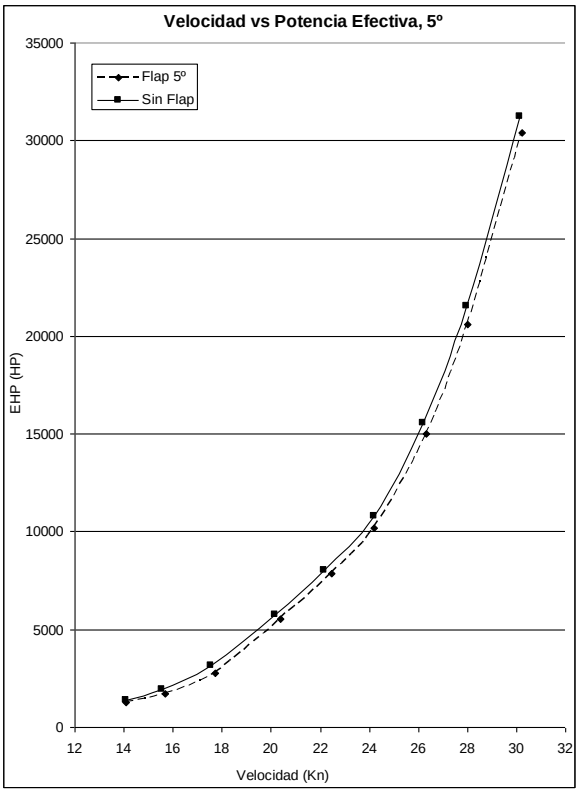


Figura 7: flap 5°

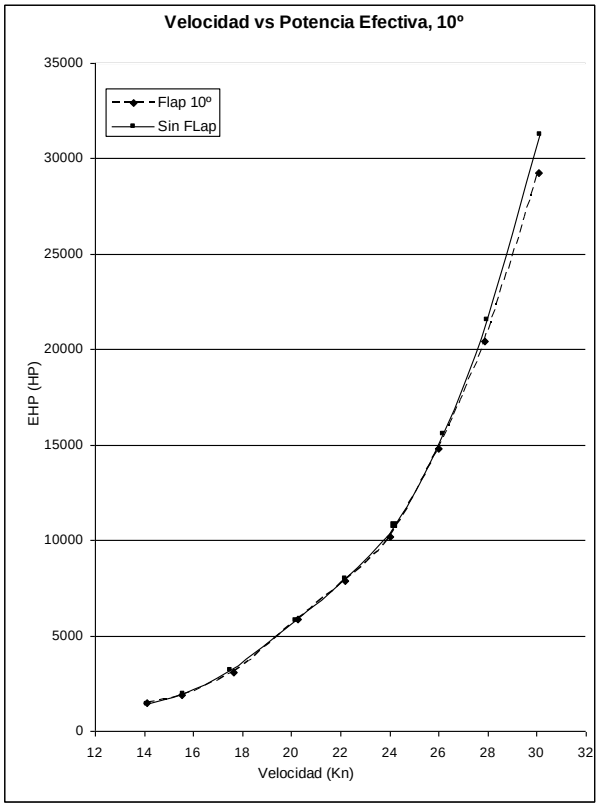


Figura 8: flap 10°

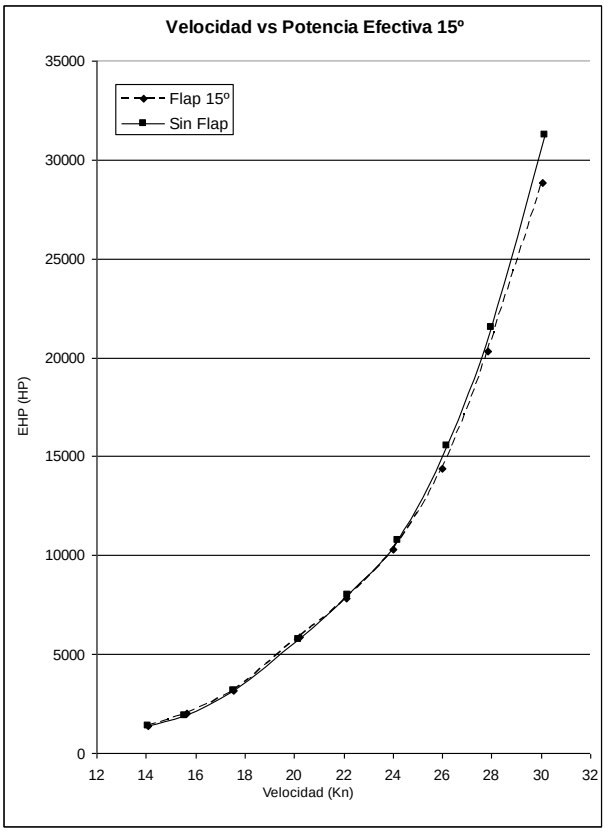


Figura 9: flap 15°

4.4.2. Resultados tabulados de la extrapolación

Para realizar una comparación y evaluación de la influencia de la serie de flaps se presenta la tabla 4, donde se aprecia la variación de velocidad inducida por los flaps en comparación con el casco sin flaps, además se elaboraron las tablas 5 y 6, éstas muestran los EHP en función de la velocidad en condición de "viaje de pruebas" y de "canal de pruebas", respectivamente.

	S.F.		0º		5º		10º		15º	
Fn	Vel. (Kn)	EHP (HP)	Vel. (Kn)	%	Vel. (Kn)	%	Vel. (Kn)	%	Vel. (Kn)	%
0,20	14,0	1365	14,1	0,4	14,5	3,6	13,6	-2,9	14,0	0,1
0,21	15,0	1684	15,3	1,7	15,7	4,3	14,8	-1,5	14,9	-0,9
0,23	16,0	2128	16,3	1,7	16,7	4,1	16,0	0,1	15,9	-0,6
0,24	17,0	2782	17,3	1,6	17,7	4,0	17,2	1,2	17,1	0,4
0,25	18,0	3603	18,3	1,7	18,6	3,5	18,2	1,2	18,1	0,7
0,27	19,0	4540	19,3	1,7	19,5	2,8	19,1	0,6	19,0	0,2
0,28	20,0	5560	20,3	1,7	20,4	2,2	20,0	0,1	19,9	-0,3
0,30	21,0	6640	21,3	1,4	21,5	2,1	21,0	0,1	20,9	-0,3
0,31	22,0	7772	22,2	1,0	22,4	1,9	22,1	0,6	22,0	0,1
0,32	23,0	9009	23,1	0,5	23,4	1,8	23,2	0,8	23,1	0,3
0,34	24,0	10451	24,0	0,1	24,4	1,5	24,1	0,6	24,1	0,4
0,35	25,0	12361	25,0	0,0	25,3	1,2	25,1	0,3	25,1	0,5
0,37	26,0	14967	26,1	0,3	26,3	1,1	26,1	0,2	26,2	0,8
0,38	27,0	18052	27,1	0,4	27,3	1,0	27,1	0,5	27,2	0,9
0,39	28,0	21552	28,1	0,4	28,3	0,9	28,2	0,8	28,2	0,9
0,41	29,0	25782	29,1	0,4	29,2	0,8	29,3	1,1	29,3	1,2
0,42	30,0	30730	30,1	0,4	30,3	0,9	30,4	1,4	30,6	1,9

Tabla 4:Variación de velocidad para potencia de referencia sin flap

Los valores de velocidades mostrados en la tabla, son a igual potencia efectiva del casco sin flap (ver columna referencia EHP).

S.F. = sin flaps

EHP = potencia efectiva, en HP

Vel. = velocidad en nudos

(-,+) = decrecimiento e incremento de la velocidad, respectivamente

	S.F.	0º		5º		10º		15º	
Vel. (Kn)	EHP (HP)	EHP (HP)	% (+,-)	EHP (HP)	% (+,-)	EHP (HP)	% (+,-)	EHP (HP)	% (+,-)
14	1365	1353	-0,9	1253	-8,2	1473	7,9	-5	-0,4
15	1684	1605	-4,7	1488	-11,6	1752	4,0	55	3,3
16	2128	1988	-6,6	1817	-14,6	2122	-0,3	49	2,3
17	2782	2587	-7,0	2321	-16,6	2650	-4,7	-46	-1,7
18	3603	3350	-7,0	3031	-15,9	3398	-5,7	-106	-2,9
19	4540	4228	-6,9	3967	-12,6	4403	-3,0	-32	-0,7
20	5560	5210	-6,3	5060	-9,0	5539	-0,4	77	1,4
21	6640	6298	-5,2	6182	-6,9	6612	-0,4	64	1,0
22	7772	7488	-3,7	7289	-6,2	7638	-1,7	-30	-0,4
23	9009	8831	-2,0	8477	-5,9	8785	-2,5	-101	-1,1
24	10451	10395	-0,5	9859	-5,7	10202	-2,4	-145	-1,4
25	12361	12343	-0,1	11674	-5,6	12172	-1,5	-260	-2,1
26	14967	14789	-1,2	14144	-5,5	14800	-1,1	-551	-3,7
27	18052	17698	-2,0	17145	-5,0	17637	-2,3	-781	-4,3
28	21552	21139	-1,9	20581	-4,5	20737	-3,8	-896	-4,2
29	25782	25294	-1,9	24679	-4,3	24468	-5,1	-1356	-5,3
30	30730	30128	-2,0	29411	-4,3	28815	-6,2	-2302	-7,5

Tabla 5: EHP en condición de viaje de pruebas

	S.F.	0º		5º		10º		15º	
Vel. (Kn)	EHP (HP)	EHP (HP)	% (+,-)	EHP (HP)	% (+,-)	EHP (HP)	% (+,-)	EHP (HP)	% (+,-)
14	1244	1233	-0,9	1139	-8,4	1342	7,9	1239	-0,4
15	1535	1461	-4,8	1352	-11,9	1598	4,1	1590	3,6
16	1943	1812	-6,7	1652	-15,0	1936	-0,4	1988	2,3
17	2545	2363	-7,2	2114	-16,9	2420	-4,9	2501	-1,7
18	3300	3064	-7,2	2767	-16,2	3110	-5,8	3203	-2,9
19	4168	3877	-7,0	3635	-12,8	4044	-3,0	4141	-0,6
20	5112	4785	-6,4	4645	-9,1	5093	-0,4	5184	1,4
21	6102	5782	-5,2	5674	-7,0	6075	-0,4	6160	1,0
22	7144	6879	-3,7	6693	-6,3	7018	-1,8	7115	-0,4
23	8280	8113	-2,0	7784	-6,0	8071	-2,5	8186	-1,1
24	9611	9558	-0,6	9057	-5,8	9378	-2,4	9476	-1,4
25	11379	11359	-0,2	10735	-5,7	11202	-1,6	11134	-2,2
26	13791	13623	-1,2	13021	-5,6	13633	-1,1	13275	-3,7
27	16647	16318	-2,0	15798	-5,1	16260	-2,3	15918	-4,4
28	19895	19509	-1,9	18987	-4,6	19134	-3,8	19058	-4,2
29	23822	23365	-1,9	22791	-4,3	22595	-5,2	22554	-5,3
30	28414	27853	-2,0	27182	-4,3	26626	-6,3	26265	-7,6

Tabla 6: EHP en condición de canal de pruebas

Vel. = velocidad en nudos

(-,+) = decrecimiento e incremento de la potencia, respectivamente

5. Análisis de los resultados tamaño prototipo (datos etapa N°2)

5.1. Análisis del flap 0º

El experimento mostró que el flap de 0º decrece la potencia efectiva a lo largo de todo el rango de las velocidades estudiadas. Otras observaciones son:

- Dentro de las velocidades estudiadas, este flap presenta los mayores beneficios en el rango de bajas velocidades, específicamente entre los 16 y 21 nudos, donde se supera el 5% de reducción de los EHP en viaje de pruebas. Luego de la velocidad de 21

nudos el porcentaje de reducción de EHP decrece paulatinamente y hasta no superar más del 2%

- Los valores más favorables sobre la velocidad, se presentan en el rango de los 15 y 21 nudos, donde hay un incremento de 0,3 nudos para todas las velocidades
- Los valores positivos sobre la velocidad en el rango de 24 y 30 nudos que registra el flap sobre la nave, se pueden considerar como despreciables, ya que no registran un incremento más del 1% de la velocidad en la condición de viaje de pruebas. Por lo tanto, podemos concluir que el flap no tiene influencia sobre la resistencia a la propulsión de la nave en el rango de 24 y 30 nudos

5.2. Análisis del flap 5º

El flap de 5º, al igual que el de 0º, disminuye la potencia a lo largo de todo el rango de velocidades estudiado, pero presenta porcentajes mayores de beneficio que éste. Observaciones del flaps de 5°:

- El flap presenta su máximo beneficio a los 17 nudos, con el decrecimiento de 16,6% de los EHP en condición de viaje de pruebas. En las velocidades posteriores comienzan a decrecer los porcentajes hasta el orden del 4% a los 29 y 30 nudos
- Con respecto al aumento de la velocidad, entre los 14 y 19 nudos se mantiene un incremento por sobre los 0,5 nudos, y llegando hasta los 0,7 nudos en los 15, 16 y 17 nudos, todo esto en la condición de viajes de pruebas

5.3. Análisis del flap 10º

El flap comienza a presentar valores positivos a la velocidad de 16 nudos del rango ensayado. Bajo esta velocidad tiene un efecto de penalización sobre la resistencia.

Del flap de 10º se pueden hacer las siguientes observaciones:

- Tiene un efecto de incremento de los EHP en las velocidades 14 y 15 nudos, en condición de servicio, de 7,5 y 3,9 %, respectivamente
- El flap a partir de los 26 nudos comienza a tener porcentajes de disminución considerable en la potencia y llega alcanzar su máximo beneficio a la velocidad de 30 nudos, donde se disminuye en 6,2% los EHP en condición de viaje de pruebas
- El mayor incremento de velocidad es en los 30 nudos, el cual es de 0,4 nudos

5.4. Análisis del flap 15º

Este flap a las bajas velocidades del rango ensayado, entre las de 14 y 21 nudos, presenta un comportamiento donde se dan valores tanto con efectos positivos como negativos. Los porcentajes de diferencia que se dan con respecto a la nave sin flap, en estas velocidades, no superan el 1%. Estos porcentajes son bajos y se pueden considerar como despreciables y concluir que el flap de 15º no tiene influencia en la nave entre las velocidades de 14 y 21 nudos.

El flap comienza a tener incidencia y presentar resultados positivos sobre la nave de manera clara y creciente a partir desde los 22 nudos de velocidad. Del flap de 15º se puede hacerse las siguientes observaciones:

- La mayor reducción de potencia en la condición de servicio ocurre a los 30 nudos, disminuyendo 7,5% los EHP
- Para la velocidad de los 30 nudos, se puede llegar a un incremento 0,6 nudos

6. Recomendaciones para futuros estudios

A continuación se presentan cuatro puntos con recomendaciones a considerar para futuros estudios:

- Realizar ensayos con ángulos intermedios de flaps dentro del rango estudiado. Si se desea buscar mejoras para bajas velocidades, y teniendo presento los resultados beneficiosos del flap de 5º, los ángulos estudiados podrían ser: 2,5 y 7,5º. En cambio, si se está interesado por buscar mejoras a altas velocidades se recomienda estudiar los ángulo de 12,5 y 17,5º
- Para tener más antecedentes e información sobre la influencia de los flaps en la nave estudiada, se sugiere hacer ensayos con flaps que varíen en el parámetro de la cuerda
- La eficiencia de los flaps en condición de servicio (presencia de mar irregular y oscilaciones de la nave) es un aspecto que debe ser estudiado con detalle. Las investigaciones anteriores han indicado que la eficiencia de los flaps no se ve afectada en condición de servicio
- La influencia que podría tener la hélice en la eficiencia de los flaps estudiados, debe ser chequeada, a pesar que en otros estudios realizados sobre el tema, no registran efectos perjudiciales

7 Conclusiones

Los ensayos mostraron resultados potencialmente beneficiosos, los cuales deben ser eventualmente comparados con ensayos en canales virtuales (CFD) e idealmente ratificados con pruebas a escala real.

Con respecto a los resultados obtenidos se hacen las siguientes observaciones:

- El flap de 5º es el que presenta mayores beneficios entre los 14 y 28 nudos
- El flap de 15º es el que presenta mayores beneficios entre las velocidades de 29 y 30 nudos
- El fenómeno de penalización en las bajas velocidades que tienen los flaps de 10 y 15º no es de sorprender, ya que los flaps de grandes ángulo sufren este tipo de inconveniente. Pero en recompensa tienen mayores beneficios a las velocidades altas como lo demuestra el flap de 15º en las velocidades de 29 y 30 nudos

Agradecimientos

El presente trabajo presenta resultados parciales del proyecto de investigación código DID I2007-07 en desarrollo bajo el convenio de cooperación científica entre la Universidad Austral de Chile y la Dirección de Ingeniería de Sistemas Navales de la Armada de Chile. Se agradece a la Armada de Chile el financiamiento del Proyecto y el aporte de información técnica relevante.

Referencias

[1] M. Salas, J. Rosas and R. Luco. "Hydrodynamic Analysis of the Performance of Stern Flaps in a Semi-Displacement Hull". Latin American Applied Research. Vol. 34 2004, p.275-284. [2] Cusanelli, D., Karafiath, G., and Lin, Cheng Wen, "Stern Wedges and Stern Flaps for Improved Powering Performance – U.S. Navy Experience", SNAME Annual Meeting, Sept. 29 – Oct 2, 1999, Baltimore, M.D.

[3] Cusanelli, D. and Karafiath, G., "Stern Flaps", Professional Boatbuilder, April-May 2001.

[4] "Hydrodynamic Efficiency Improvements to the USCG 110 Ft. WPB Island Patrol Boats" Karafiath G., Cusanelli D., Jessup S. y Barry C.

[5] "Stern Flap Powering Performance Prediction for the Coast Guard 110-foot WPB Island Class Patrol Boat", Cocklin M., Parsons M. y Troesch A., Marine Technology Vol. 37,

[6] "Ship Design for Efficiency and Economy", Schneekluth, H. y Bertram, V. Segunda edición, 1998

[7] "Practical Ship Hydrodynamics", Bertram, V., 2000

INTRODUCCIÓN DEL PROGRAMA POSEIDÓN EN EL DISEÑO y CÁLCULO DE ESTRUCTURAS NAVALES

M. Salas[1] msalas@uach.cl , C. Del Río[1], M. Hesse[2], V. Bertram[2] and B. Castro[2]

[1] Instituto de Ciencias Navales y Marítimas, Universidad Austral de Chile.

[2] Germanischer Lloyd, Hamburgo

RESUMEN

El presente trabajo muestra aplicaciones del programa POSEIDON, desarrollado por el Germanischer Lloyd, en el diseño y cálculo de Estructuras Navales en la carrera de Ingeniería Naval de la Universidad Austral de Chile. Para facilitar los cálculos involucrados en el diseño estructural, este software permite diseñar la estructura de un buque gráficamente, para tal se cuenta con plantillas apropiadas para buques característicos, tales como petroleros, bulk carriers o portacontenedores, también se puede generar otro tipo de buque según la necesidad del diseñador. Una vez generadas las estructuras, es decir planchas y refuerzos con sus respectivas dimensiones, es posible comparar de forma automática el escantillonado con los requerimientos mínimos de las reglas de clasificación. La relativa rapidez con que puede realizarse esta comprobación hace de POSEIDON una herramienta muy efectiva para optimizar las estructuras.

1. INTRODUCIÓN

Poseidón está diseñado para apoyar el cálculo de estructuras de buques, durante el diseño y proceso de construcción. El criterio de escantillonado, es decir, el cálculo de las dimensiones necesarias y materiales, se basa en el reglamento de Clasificación y Construcción de Buques del Germanischer Lloyd, además pueden realizarse cálculos basados en el Método de Elementos Finitos. Ambos procedimientos utilizan la misma estructura y descripciones de las cargas.

Poseidon puede usarse, como un programa independiente o en combinación con programas de terceros, en el diseño de buques especializados. El programa es capaz de acelerar significativamente la fase preliminar de diseño estructural de los buques y conduce a una mejora del casco y la seguridad estructural. Además de ahorro de tiempo y mejora de la

calidad, Poseidon también permite la evaluación de diversas variaciones en el diseño, aspectos económicos, así como la utilización óptima de los materiales y la identificación de las zonas críticas de la estructura.

El programa también puede usarse en reparaciones navales o para realizar una evaluación de la condición de un buque en servicio basado en los valores de espesores en la vida útil esperada de la nave.

2. PROCEDIMIENTO DE ESCANTILLONADO

Primeramente se deben definir las dimensiones principales, el tipo de barco, el sistema de construcción y la distribución de volúmenes, con esos datos se puede ingresar al programa y calcular espesores de planchas, refuerzos, mamparos, etc.

Para modelar la cuaderna maestra se puede utilizar una plantilla integrada del programa, esta plantilla presta una asistencia para escantillonar tres tipos de buques: Bulk Carriers, Portacontenedores y Buques Tanque. Ingresando las dimensiones requeridas por el programa y los datos característicos correspondientes del buque a diseñar, la herramienta entrega una sección típica con los elementos transversales y longitudinales correspondientes, además de refuerzos y aligeramientos. Para el caso de otros buques se puede generar la estructura ingresando la cuaderna típica del buque a diseñar.

En el diseño de la cuaderna maestra y cuerpo paralelo si lo hubiere, se puede realizar la modelación de los tipos de refuerzos, identificación de elementos, geometría y por último aberturas. Este método cumple una función extraordinaria ya que disminuye notablemente los tiempos de modelación, pudiéndose concentrar los esfuerzos en verificaciones diseño de detalles o en optimización estructural, sin embargo, Poseidón es un programa especializado que requiere de bastante experiencia para su correcta aplicación y máximo beneficio.

3. MODELACIÓN

Uno de los primeros pasos es definir la distribución de bodegas y la sección maestra, estanques, clara de cuadernas, tipo de construcción y zona de navegación del buque a diseñar.

Existen criterios de diseño particulares según las cargas a las que se encuentra sometido el buque, por ejemplo la carga en cubierta o en cada bodega, sin embargo en este trabajo solo se considerarán las cargas generales previstas para aguas tranquilas y navegación en olas.

La definición de la cantidad de bodegas, tipo de estructura, longitudinal o transversal, así como la disposición de las principales estructuras tales como quilla y vagras se hizo de acuerdo a la arquitectura naval típica del buque a diseñar, es decir no se han introducido cambios que impliquen un desvío de buques similares, aunque nada impide que se experimente con diseños que se aparten del arreglo general de los buques tradicionales.
La clara entre cuadernas se asignó usando valores comúnmente usados en los tipos de buques diseñados.

3.1- Modelación de Bulk Carrier

Las directrices para el modelo estuvieron basadas en la plantilla entregada por el programa y las recomendaciones entregadas por la enciclopedia Wartsila ref. [1]. A partir de esta información se obtuvo la cuaderna maestra y configuración de refuerzos.
Se utilizó el sistema de construcción longitudinal en base a las solicitaciones de carga.

Tabla 1: **Características de Bulk Carrier**

Eslora entre perpendiculares (m)	110.4
Eslora en flotación (m)	115
Manga (m)	20
Puntal (m)	12
Calado (m)	8
Coeficiente de Block	0.8
Velocidad de servicio (kn)	12
Clara entre cuadernas (mm)	600
Cantidad de bodegas	5
Ancho escotilla de carga (m)	10
Largo de escotilla de carga (m)	12

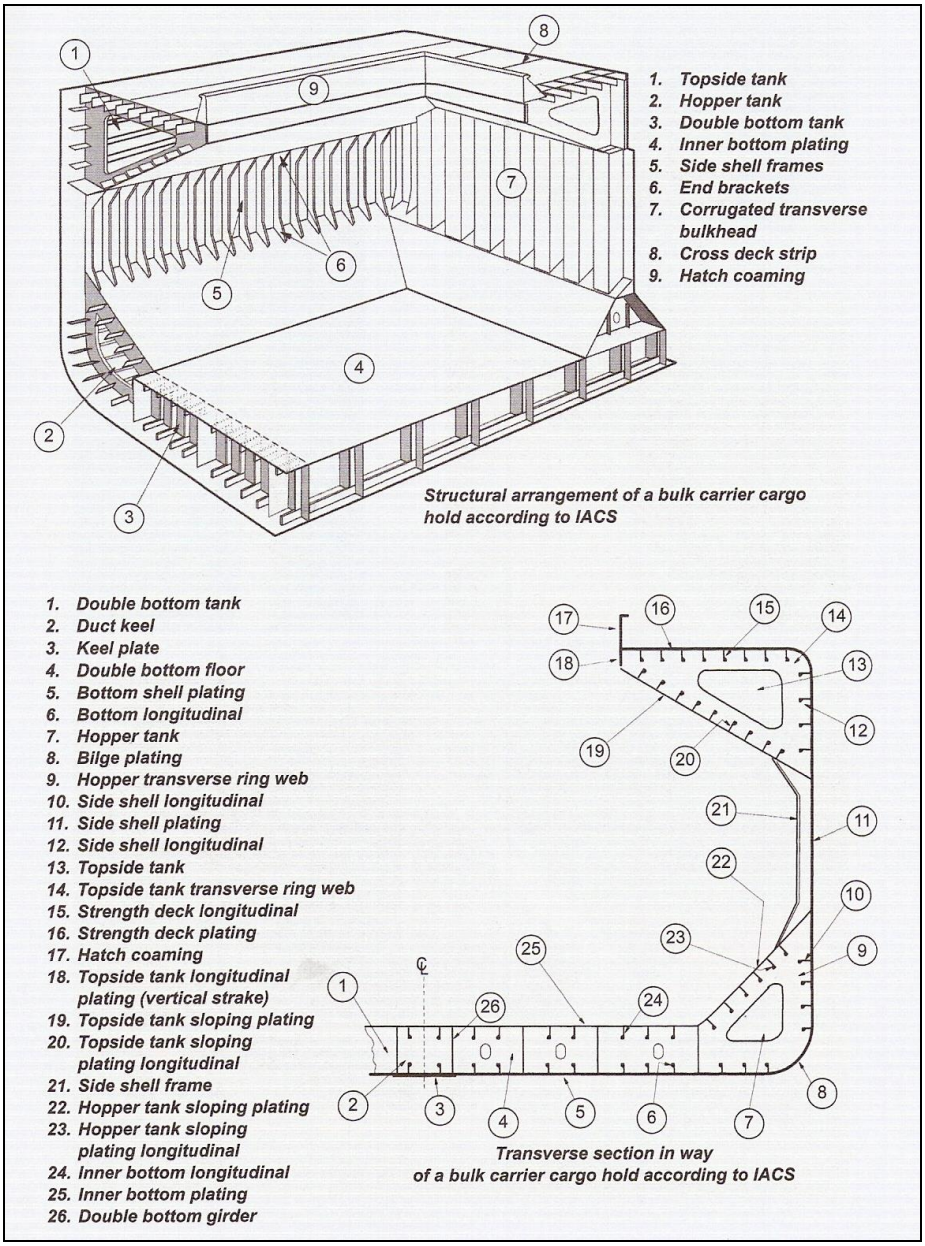


Figura 1. Sección típica para Bulk Carriers de acuerdo a IACS. Fuente ref. [1]

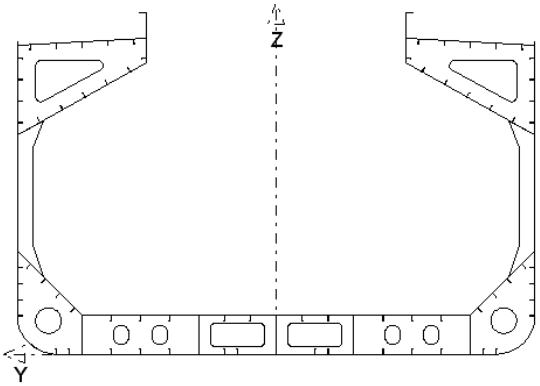


Figura 2. Cuaderna maestra diseñada con POSEIDON.

Una vez obtenida la cuaderna maestra se puede proceder a modelar todo el buque, sin embargo, debido a los fines simplemente pedagógicos de las aplicaciones del curso, la modelación se limitó al cuerpo paralelo del buque, incluyéndose también las bodegas de carga, según la capacidad de carga requerida. En las figuras 3 a 6 se aprecian las etapas de la modelación estructural.

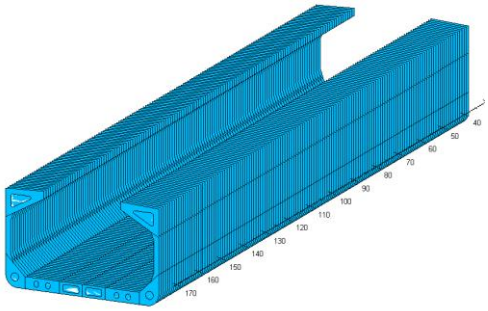


Figura 3. Cuerpo paralelo.

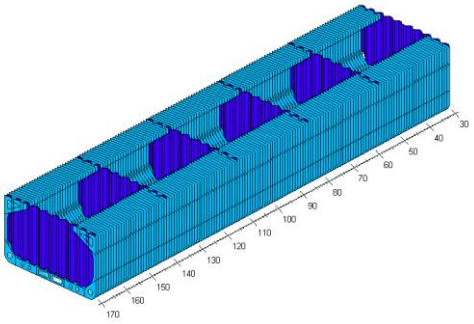


Figura 4. Distribución de bodegas.

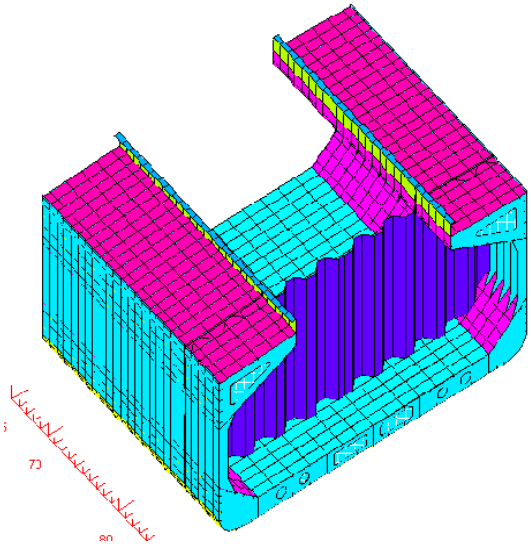


Figura 5. Bloque representativo.

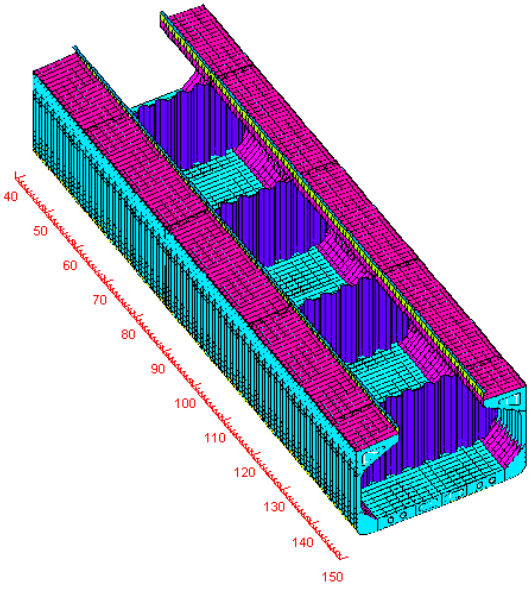


Figura 6. Bloque completo.

Una vez completa la modelación estructural se procede a aplicar las condiciones de carga según el reglamento de GL, de este modo se obtienen los espesores de plancha, y requerimientos de módulo de sección de los refuerzos, los cuales al ser comparados con los requerimientos mínimos del GL permiten optimizar la estructura mediante un proceso iterativo.

El proceso incluye la determinación de los módulos de sección en diferentes posiciones de la eslora, considerando los esfuerzos de corte y los momentos de flexión inducidos por la

combinación de los momentos en aguas calmas y en olas, según valores prescritos por el reglamento del GL. Mediante la optimización y verificación de las secciones afectadas por estos esfuerzos se logra obtener un escantillonado final.

Tabla 2: **Resultados de dimensionamiento estructural de Bulk Carrier**

Elementos longitudinales	Espesor (mm)	Refuerzos longitudinales	Tipo de refuerzo
Keel	11.5	IB	HP 60*6.0
Longitudinal girder 1	9.0	IB	HP 60*6.0
Longitudinal girder 2	9.0	Shell1	HP 180*8.0
IB	9.0	Shell1	HP 180*8.0
Hopper	11	Shell1	HP 160*7.0
Shell1	25	Hopper	HP 80*5.0
Shell2	11	Shell3	HP 100*6.0
Shell3	11	Shell3	HP 140*6.0
TOPSID	11	DK_1	HP 60*5.0
DK_1	9.0	TOPSID	HP 100*6.0
Hatchc	8.0	Mamparo corrugado	CV500*500
Hatchp	8.0		
Módulo de sección mínimo	2.081 m^3	Módulo de sección obtenido	2.941 m^3
Peso por sección	9.927 ton/m	Peso cuerpo total	833.8 ton

3.2 Modelación de Porta Contenedores

Para el cálculo de escantillonado se modeló la cuaderna maestra y posteriormente el cuerpo central del buque porta contenedores, para lo cual se empleó un sistema estructural de tipo longitudinal, la porción del buque modelado corresponde al 40% de la eslora en flotación. Esta longitud permite modelar cuatro bodegas con capacidad de 98 TEUs cada una, para lo cual se incorporaron los contenedores en el modelo, los que sirvieron de referencia en el proceso del diseño; de esta forma se buscó una distribución de la estructura y refuerzos que permitan soportar la carga de los contenedores en el espacio apropiado.

Tabla 4: **Características de Buque Portacontenedores**

Eslora entre perpendiculares (m)	128.64
Eslora en flotación (m)	134
Manga (m)	21
Puntal (m)	10.5
Calado (m)	6
Coeficiente de Block	0.75
Velocidad de servicio (Kn)	15
Clara entre cuadernas (mm)	765
Cantidad de bodegas	4

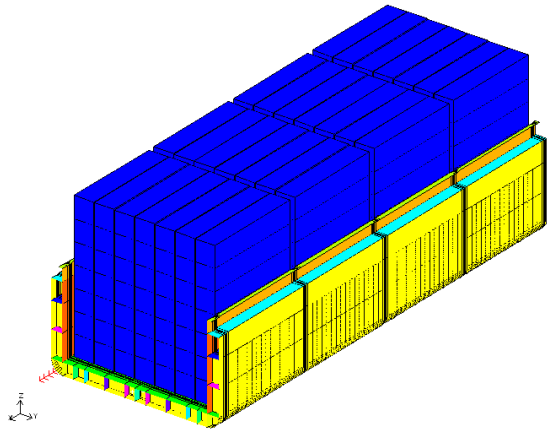


Figura 7. Disposición de contenedores.

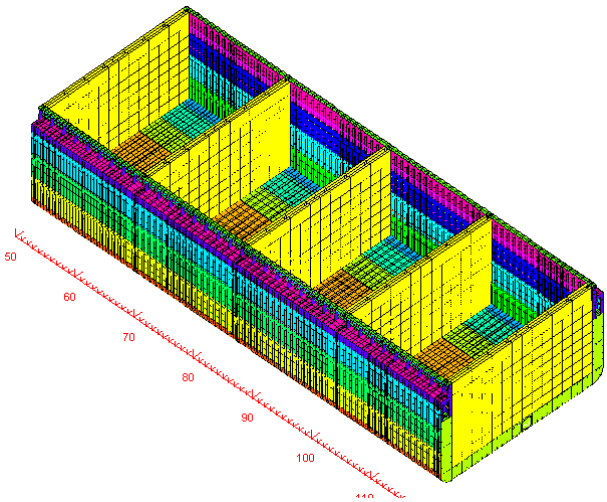


Figura 8. Distribución de bodegas.

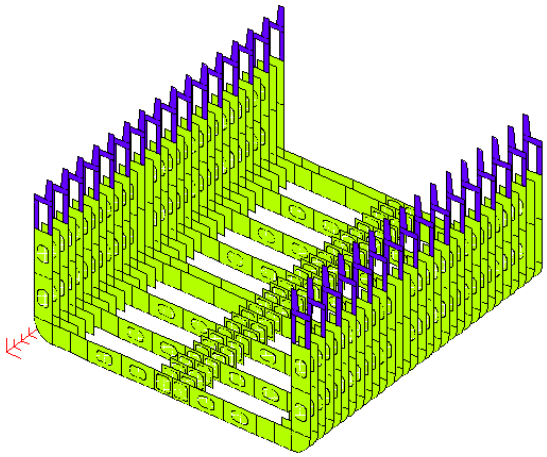


Figura 9. Detalles estructurales.

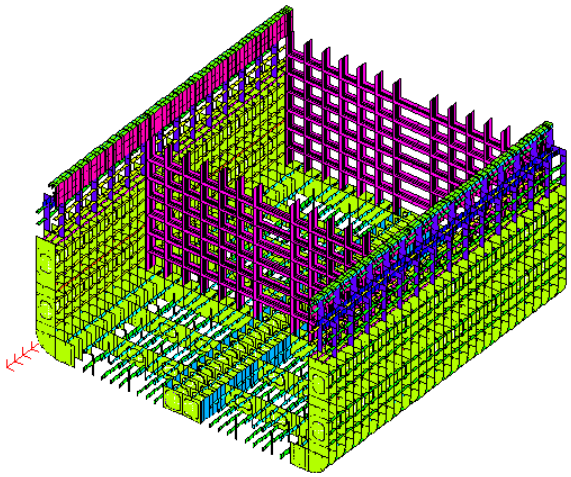


Figura 10. Detalles estructurales.

Al igual que en el caso anterior se procede, después de modelar el buque, a calcular el escantillonado. La optimización de la estructura se basó principalmente en dos criterios: los

espesores mínimos requeridos según el reglamento y el módulo de sección mínimo de acuerdo al GL.

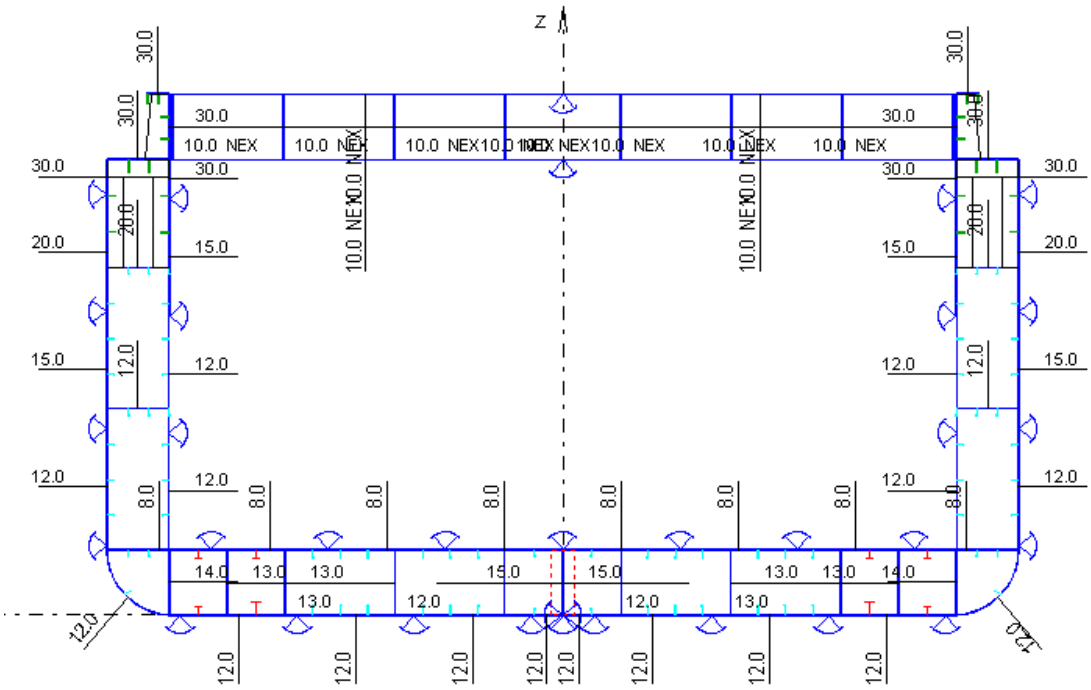


Figura 11. Espesores de planchas de portacontenedor

3.3.- Modelación de Buque Tanque

En este caso se dispone de una cuaderna maestra típica de un buque tanque la cual se requiere modelar y escantillonar utilizando el software de diseño naval POSEIDON, para lo cual se ha provisto de una configuración típica de clara de cuadernas, varengas y longitudinales apropiados para un sistema de construcción mixta.

Tabla 5: **Características de Buque Tanque**

Eslora entre perpendiculares (m)	110.4
Eslora en flotación (m)	115
Manga (m)	15.4
Puntal (m)	8
Calado (m)	5
Coeficiente de Block	0.85
Velocidad de servicio (kn)	13
Clara entre cuadernas (mm)	600
Clara entre Varengas (mm)	2400
Clara Longitudinales de fondo (mm)	625
Clara Longitudinales de costado (mm)	1600
Clara Longitudinales de Cubierta (mm)	775

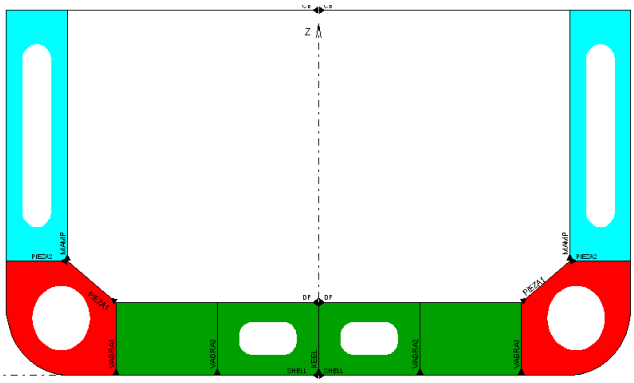


Figura 12. Cuaderna maestra POSEIDON

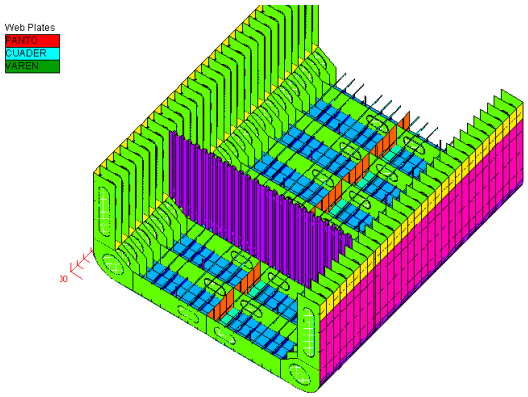


Figura 13. Detalles estructurales

La capacidad de las bodegas puede asignarse arbitrariamente según el número de mamparos dispuestos en el bloque a diseñar, en este caso, por simplicidad, se definieron dos bodegas solamente. Esto puede ser modificado sin mayor dificultad cambiando la posición de los mamparos diseñados o aumentando o disminuyendo su número

Como se puede observar en las figuras anteriores las cuadernas y elementos longitudinales primarios y secundarios se diseñaron de acuerdo a la configuración típica de un buque tanque, obteniéndose la distribución de espesores y refuerzos que se muestra en las figuras 14 y 15.

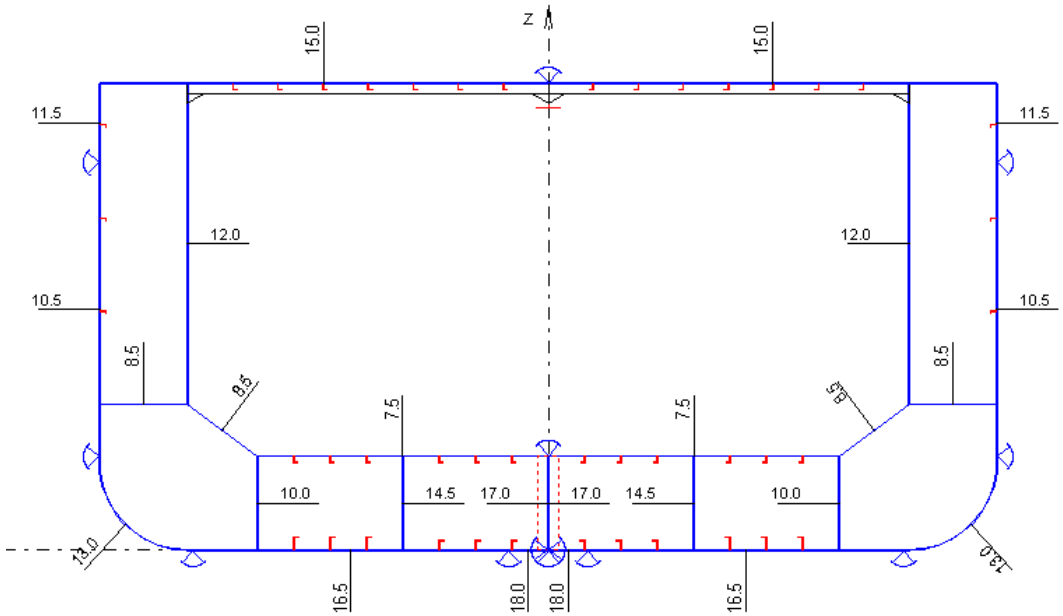


Figura 14. Espessores de planchas en la sección maestra.

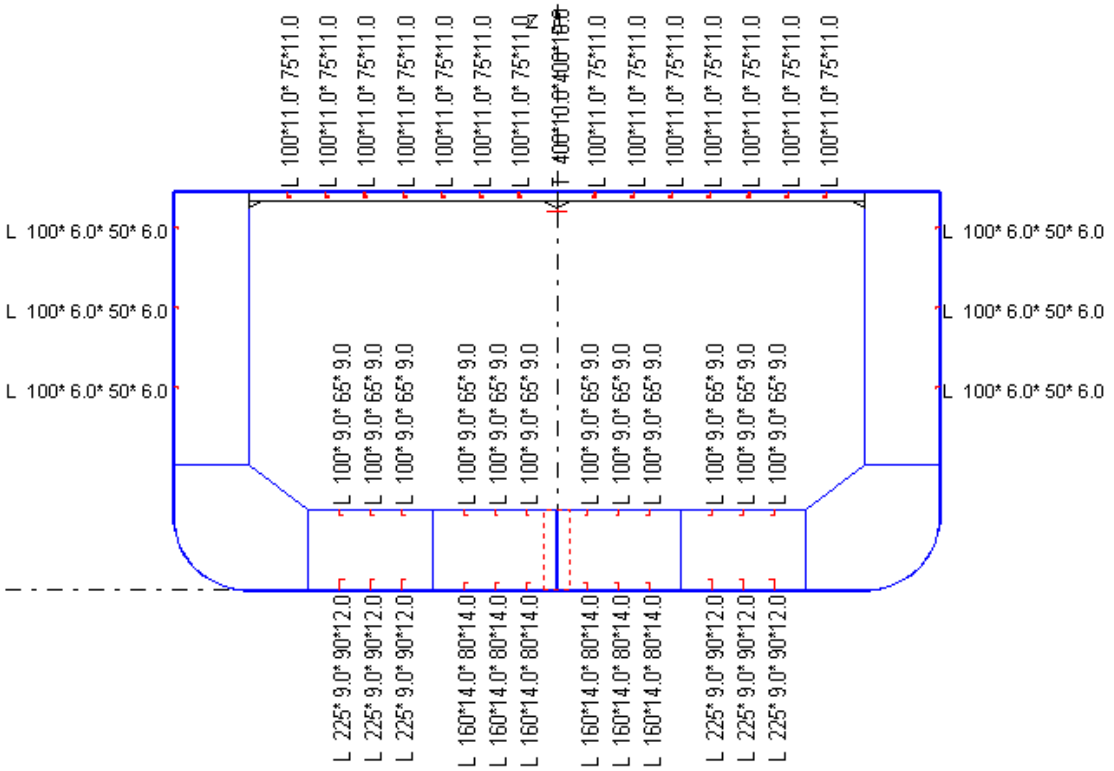


Figura 15. Perfiles longitudinales.

4.- CONCLUSIONES

El dimensionamiento estructural de un buque no es un proceso trivial , ya que depende de muchos factores que interactúan dinámicamente, tales como el tipo de buque diseñado, los espacios entre refuerzos, el tipo de construcción sea este transversal, longitudinal o mixto, la disposición de mamparos y bodegas. Más aún el proceso es necesariamente iterativo si se requiere optimizar la estructura en términos de peso, sin desatender la optimización de costo constructivo lo que implica diseñar estructuras cuya construcción sea a la vez eficaz y económica. Para esto el software POSEIDON resulta muy útil para acelerar el proceso de optimización y con resultados tridimensionales fáciles de visualizar, constituyéndose de tal forma en una herramienta de diseño estructural eficaz.

REFERENCIAS

[1] "Wärtsilä Encyclopedia of Ship Technology" J. Babicz, Published by Baobab Naval Consultancy, GDANSK 2008.

[2] "POSEIDON ND Tutorial" de Germanischer Lloyd.

[3] "Informes seminarios POSEIDON". Estructura de la Nave II. Universidad Austral de Chile 2009.

[4] "El Proyecto Básico del Buque Mercante" R. Alvariño, J. Azpiroz, M. Meizoso, FEIN, Madrid 1997.

Madurez de una PYME en Gestión de Proyecto

Cassanelli, Aníbal, N.(p); Muñoz, Maximiliano.
Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. (1) acassane@fi.mdp.edu.ar

Resumen
La actividad por proyecto en los negocios de las organizaciones son, con una participación creciente, responsables de la generación de valor en sus resultados. Esta condición esta impulsando una estructura de soporte al gerenciamiento de proyectos conocida como Oficina de Gerencia de Proyecto (OGP) o Project Management Office (PMO).
En este sentido, las organizaciones que operan en un entorno multiproyecto con un aumento del número de los mismos requieren para asegurar sus resultados la aplicación sistemática, integrada y extendida de metodologías de gerenciamiento durante el ciclo de vida del proyecto.
En la primera etapa del programa para la incorporación de la OGP se requiere medir el grado de madurez de la organización en gerencia de proyectos y en función de los resultados diseñar y establecer la complejidad de la estructura.
La metodología utilizada para la medición de la madurez de la organización es una encuesta a los involucrados en los proyectos en todos los niveles de decisión mediante entrevista personales.
Para el diseño del documento utilizado en la medición se revisó la bibliografía que en general es desarrollada para organizaciones de un tamaño mayor al de una PyME. Basado en los documentos presentados en la bibliografía se preparó una encuesta que tuviera en cuenta las condiciones de una PyME en Argentina y como marco general para evaluar la madurez se tomaron los niveles propuestos por Kerzner.

Palabras clave: gestión de proyectos, modelos de madurez, oficina de gerencia de proyectos (OGP), medición de la madurez.

1. Introducción

Dinsmore y Cabanis-Brewin [1], hacen referencia a la razón por la cuál resulta crítica la ejecución de técnicas de gestión de proyectos y la implementación de una oficina de gestión de proyectos. Los autores resaltan que la mayoría de las actividades de valor agregado en las organizaciones modernas provienen del desarrollo de proyectos. Los nuevos productos, las nuevas estrategias de marketing, la implementación de nuevos procesos, las nuevas adquisiciones, y una interminable lista de resultados que busca una organización los logra mediante los proyectos. Para poner de manifiesto la relevancia en los resultados establecen una relación entre demora y rentabilidad de tal manera que durante la ejecución un 10% de aumento en la duración del proyecto, se podría traducir en una pérdida estimada de 30% de su rentabilidad.
Tal como lo explica Crawford [2], la mayoría de los factores que motivan la implementación de una PMO están relacionados con las causas principales del fracaso de los proyectos y de las organizaciones en su conjunto. Entre las razones cita que los gerentes de proyectos desconocen la dirección estratégica de la organización y tienen dificultades para alinear las decisiones que toman en los proyectos con las mismas.

Los gerentes de proyectos tienen competencias limitadas en su área de trabajo. La administración de la organización experimenta dificultades para comprender la relevancia de los proyectos. La organización tiene carencia de soporte metodológico (procedimientos, procesos y herramientas) suficientemente definido y difundido y un limitado profesionalismo en el gerenciamiento de proyectos por parte de los recursos asignados.

CONCEPTO DE MADUREZ

Los modelos de madurez han surgido con mucha fuerza a partir los años 90's. Estos modelos, tienen entre sus objetivos permitir a la organización reconocer cuáles son sus prácticas actuales en gestión de proyectos y guiarla a través de un proceso de mejora continua [3,4]. Una de las referencias para los modelos de madurez es el Capability Maturity Model (CMM) desarrollado por el Software Engineering Institute de Carnegie Mellon University [5,6].
Dentro de estos modelos, puede interpretarse como madurez de un dado atributo a la condición de perfección en el mismo. El concepto de madurez puede ser visto como un proceso de adquisición de competencias y habilidades gerenciales que se van desarrollando con el tiempo.
En el caso de los proyectos, la madurez puede interpretarse como el estado en el cual la organización está preparada perfectamente para tratar exitosamente con sus proyectos. Es claro, que las organizaciones tienen dificultades con el desarrollo de sus proyectos, por lo tanto, tiene sentido referirse a una escala o grado de madurez que permita medir el nivel alcanzado en la organización. Luego es natural, realizar mediciones para caracterizar el grado de madurez y señalar los nuevos objetivos dentro de un proceso continuo de mejora [7].
La bibliografía en general tiene en cuenta organizaciones consolidadas desde el punto de vista de la infraestructura y comparativamente de tamaño mayor al de una organización tipo PyME que desarrolla sus actividades en países en vías de desarrollo, con características culturales particulares, etc. [8, 9, 10, 11, 12],.
De los modelos de madurez disponibles y revisados para el análisis de la PyME bajo estudio se seleccionó el modelo desarrollado por Kerzner [9] como marco de referencia para establecer los niveles de madurez y como base para el desarrollo de los instrumentos de medición. Este modelo de madurez que se alinea con el planeamiento estratégico en el área de proyectos de la organización tiene una definición de los niveles que es posible ajustar al entorno de las empresas de característica PyME y cuanta con una ventaja que además para cada nivel posee instrumentos de medición desarrollados por el autor.

MEDICIÓN DE LA MADUREZ

El instrumento utilizado para la medición de la madurez es la encuesta a los recursos involucrados en las actividades de proyectos que desarrolla la PyME objeto de la medición. Teniendo en cuenta el modelo de madurez seleccionando para analizar la organización y realizar la medición, y en consideración del tipo, tamaño, etc. de la misma, se diseña la misma.
Se considera que la PyME bajo estudio cuenta con recursos en el nivel uno de la escala definida por Kerzner [9]. Este nivel esta caracterizado por un lenguaje

común en proyectos, la organización reconoce la importancia del gerenciamiento de proyectos y la necesidad de una buena compresión de los conocimientos básicos, el lenguaje y terminología correspondiente.
Este supuesto se apoya en que los recursos de la organización tienen práctica frecuente en las áreas de planificación y ejecución de proyectos, pero cuenta con escasa formación estructurada en la disciplina de proyectos y gerenciamiento.
Teniendo en cuenta los antecedentes de la empresa se considera conveniente mediante la encuesta estudiar dentro de este nivel las fortalezas y debilidades de los recursos y revelar las primeras líneas de acción en el diseño de la PMO. De esta manera es posible mostrar resultados en un breve periodo de tiempo y permitir una consolidación de la nueva estructura dentro de la organización.
En este sentido el cuestionario de evaluación, utilizado para la medición del grado de madurez incluye preguntas sobre las distintas áreas de conocimiento propuestas por el Project Management Institute (PMI) en su PMBoK [13] y sobre el software utilizado para gerenciamiento de proyectos. El cuestionario es del tipo múltiple choice, por cada pregunta cuanta con 5 respuestas de las cuales una es correcta y en total son 30 preguntas.

ENCUESTA DE MEDICIÓN

Previo a la utilización de la encuesta en el trabajo de campo, se realizaron ensayos con el cuestionario para revelar los puntajes obtenidos por recursos con diferentes conocimientos de metodologías y herramienta de soporte para la gestión de proyectos. La prueba se realizó utilizando el método de Montecarlo simulando grupos de encuestados con diferentes competencias en las áreas evaluadas por el cuestionario.
En este sentido, el grupo de estudio fue dividido en cuatro niveles que representa el conocimiento sobre los temas de la encuesta, los niveles cualitativos son Alto, Medio, Regular y Bajo.
El nivel de conocimiento “Alto” se asocia a personas que han recibido capacitación en metodologías y herramientas de gestión de proyectos y poseen experiencia como gerente de proyectos.
El nivel de conocimiento “Medio” es para personas que tienen conocimientos metodológicos y de herramientas de gestión del alcance, del tiempo y de costos y general sobre las otras áreas. Este grupo no alcanza el nivel de un gerente de proyectos.
El nivel de conocimiento “Regular” describe a aquellos que manejen algunos temas tanto metodológicos como de herramientas sobre las áreas principales de conocimiento (alcance, tiempo y costos) o tengan un nivel considerable respecto de algún área secundaria.
El nivel de conocimiento “Bajo” se reserva para aquellos recursos que no hayan recibido capacitación en gestión de proyecto y/o no manejen de manera fluida los conceptos involucrados en cada área de conocimiento.
Teniendo en cuenta estos niveles de conocimiento se elaboraron los siguientes escenarios:

- ***Escenario 1:*** Participantes con un conocimiento amplio en Gestión de Proyectos. (Nivel “Alto”)

- ***Escenario 2:*** Participantes con un enfoque marcado hacia aspectos económicos del proyecto. (Nivel “Medio”)
- ***Escenario 3***: Participantes con un enfoque marcado hacia la Gestión del Alcance y el Tiempo del Proyecto. (Nivel “Medio”)
- ***Escenario 4***: Participantes con un conocimiento “Regular” en temas de Gestión de Proyectos.
- ***Escenario 5***: Participantes con un conocimiento “Bajo” en temas de Gestión de Proyectos.

El puntaje obtenido en la resolución de la encuesta depende de la cantidad de respuestas correctas, se supone que el resultado es función de 30 variables, una por cada pregunta, cuyos valores posibles pueden ser 1 ó 0, en caso de responder correcta o incorrectamente.
Se aproxima el comportamiento de cada variable por medio de una distribución de probabilidad del tipo Sí/NO o “Distribución de Bernoulli”, la cuál describe un conjunto de observaciones que tienen uno de dos valores. El parámetro que la describe es la probabilidad (*p*) de obtener un *Sí*, siendo *1-p* la probabilidad de obtener un *No*.
Se utilizará el valor del parámetro *p* para describir el nivel de conocimiento de cada participante con respecto a cada pregunta. Por ejemplo, cuando se simula la situación de un participante cuyo conocimiento se considera bajo respecto a cierta pregunta, *p* tomará el valor 0.2, que resulta la probabilidad de acertar una de las 5 opciones de respuesta a cada pregunta.
La Tabla 1 muestra el valor asignado a *p* para los diferentes niveles de conocimiento del participante:

Tabla de Asignación de Probabilidad		
Nivel de Conocimiento		Probabilidad *p*
1	Alto	0.90
2	Medio	0.60
3	Regular	0.40
4	Bajo	0.20

Tabla 1

Siendo ***Xi*** la variable correspondiente a cada pregunta, la función que se pronostica es el puntaje obtenido en la resolución del cuestionario:

$$P = \Sigma\ 10\ Xi \quad con\ Xi=\{1,0\},\ i=1,\ldots,30$$

Ec. 1

El factor corresponde a la respuesta correcta igual a 10 puntos, la posible puntuación de la encuesta tiene un rango desde 0 a 300 puntos.
Como resultado de las pruebas de la encuesta con los cinco escenarios definidos previamente se define la escala de evaluación del cuestionario en función del puntaje obtenido como se ve en la Tabla 2 :

Escala de Medición de la Encuesta		
Puntaje Obtenido		Nivel de Conocimiento
1	≥240	Alto
2	150 – 230	Medio
3	90 – 140	Regular
4	≤ 80	Bajo

Tabla 2

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La empresas donde se realiza la medición es una PyME con una estructura de organización fuertemente matricial, con una cantidad de personal superior a cien, y del orden del 30% de profesionales de distintas disciplinas.
Los recursos incluidos en este estudio, veintitrés en total, son aquellos que tienen responsabilidades con alguna de las áreas de conocimiento y los procesos definidos por el PMI y el proyecto de la PMO en cualquiera de sus etapas teniendo en cuenta los diferentes niveles de la estructura de la organización de la empresa. Incluyen gerentes funcionales, gerentes de proyectos, responsables de paquetes de trabajo, etc. Al momento de procesar la encuesta para la preparación de este trabajo se cuenta con aproximadamente el 60% de las entrevistas realizadas.
Los resultados muestran que los recursos de la organización incluidos en este relevamiento tienen en promedio un nivel regular a medio de conocimientos en las áreas consultadas. Como se puede ver en el histograma de la Figura Nº 1 en promedio el nivel de conocimientos es levemente superior a regular dentro del nivel uno de la escala de madurez.
Cuando se evalúa los promedios en las distintas áreas de conocimiento para los recursos de la organización incluidos en este relevamiento, los resultados muestran un comportamiento particular en función del área consultada. Como se puede ver en el gráfico de la Figura Nº 2, la primera área consultada, alcance, tiene en promedio un nivel levemente superior al 50%, el área de tiempos, tiene una disminución en su desempeño y la tercera área de conocimiento costo, resulta con una marcada disminución de este conocimiento en los recursos consultados.
Cuando se abordan temas de calidad, riesgos y compras los resultados experimentan un crecimiento relativo con respecto a los puntos anteriores y en proporción al puntaje máximo para los mismos. Los conocimientos en la herramienta que se utiliza para la gestión de proyectos mantienen un nivel próximo al puntaje máximo para este punto.
Las dos últimas áreas consultadas, recursos humanos y comunicación, tienen una tendencia en promedio a valores regulares.
De los resultados obtenidos del relevamiento de la madurez en estas áreas de conocimiento se observa la necesidad de la organización de realizar acciones de mejora para el fortalecimiento de sus recursos y la madurez en gestión de proyectos.
Las áreas de alcance, tiempo y costos surgen como aquellas a fortalecer en primera instancia. En particular el área de costos muestra en el universo

encuestado un desempeño regular en cuanto a conocimientos desde el punto de vista de los proyectos.
Los mejores desempeños observados en la encuesta se encuentran sobre las áreas de compras y la utilización del software para gestión de proyectos, representando estas fortalezas de la organización.
Las áreas de recursos humanos y comunicación tienen una participación menor en el puntaje de la encuesta y los resultados acompañan el desempeño general de los recursos de esta organización.

CONCLUSIONES

En este trabajo se presentan el desarrollo de una encuesta para la medición de la madurez en el área de gestión de proyectos de una empresa del tipo PyME que desarrolla sus actividades en Argentina.
De la revisión bibliográfica se seleccionó para este proyecto el modelo de madurez de cinco niveles presentado por Kerzner [9]. En esta escala se definió la madurez de la empresa en estudio en el nivel uno. Se diseñó la encuesta de acuerdo a este nivel y teniendo en cuenta las áreas de conocimiento del definidas por el PMI en el PMBoK [13] y el software utilizado para la gestión de proyectos.
Para las pruebas de la encuesta se realizaron ensayos mediante simulación de Montecarlo con diferentes universos de madurez que son posibles de encontrar en la organización. Mediante esta metodología se ajustó la escala cualitativa de medición de la encuesta de cuatro niveles, alto, medio, regular y bajo con los rangos cuantitativos que devuelve la misma una vez procesada.
Se estableció que la métrica utilizada en la encuesta define la madurez del entrevistado e indica sus fortalezas y debilidades en las áreas de conocimiento establecidas dentro del nivel uno de la escala elegida.
De las mediciones con este instrumento se estableció que el nivel general de madurez de los recursos de la empresa se encuentra levemente por encima de regular en el nivel uno de la escala del modelo de madurez.
Dentro de este nivel de madurez, se detecta una tendencia en disminución de conocimiento desde alcance a costos pasando por tiempo, áreas fundamentales en la gestión de proyectos. Las otras áreas evaluadas dentro de la encuesta encuentran promedios con tendencias regulares dentro del nivel evaluado.
De acuerdo a los resultados alcanzados hasta el momento y con la tendencia observada en el trabajo de campo durante la encuesta la PMO de esta organización es de nivel uno en la escala de madurez utilizada para su evaluación. Siendo las líneas de acción fuertemente orientadas a la capacitación y formación de los recursos en estas áreas, la difusión dentro de la organización a todos los niveles de la actividad de gestión de proyectos, etc.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina por el generoso soporte para la realización de este trabajo.

AUTORES

Dr. Aníbal Cassanelli. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata. Argentina. acassane@fi.mdp.edu.ar. www.fi.mdp.edu.ar
Maximiliano Muñoz. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata. Argentina. mm_maxi@hotmail.com

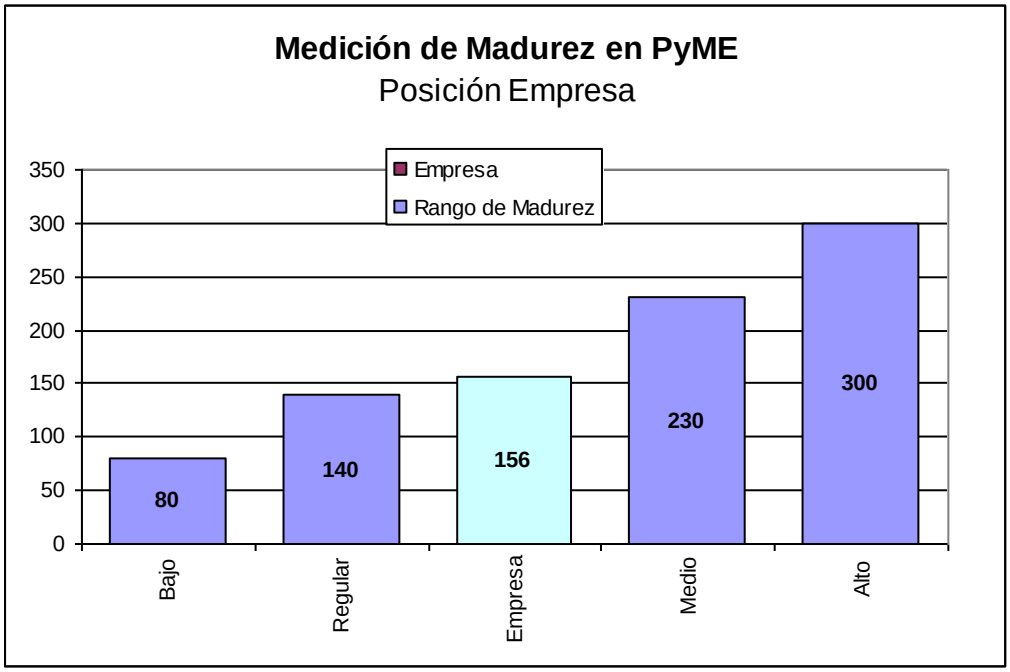


Figura Nº 1

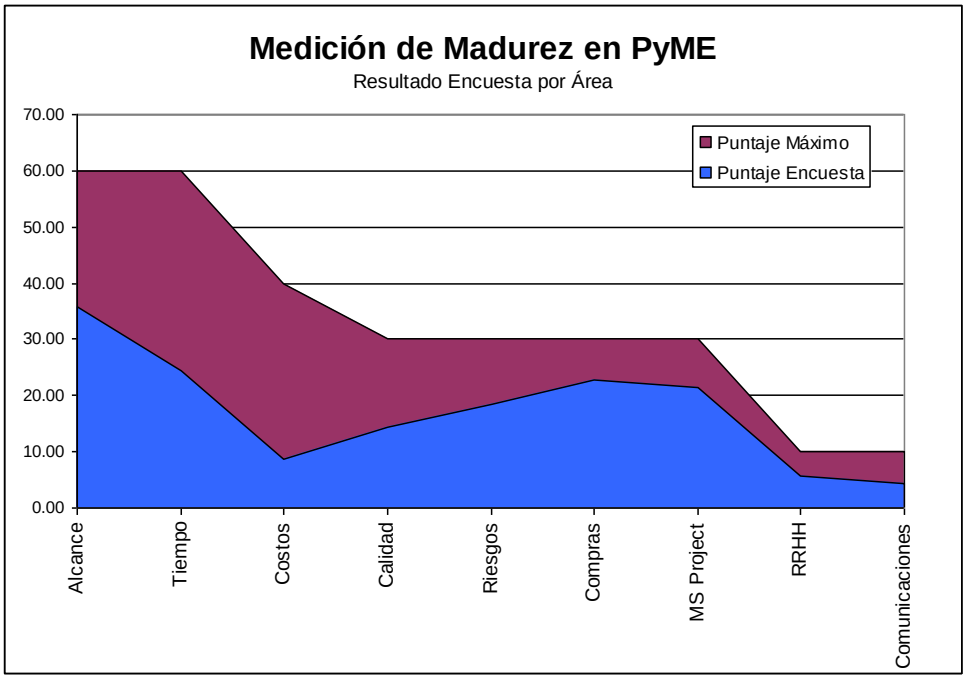


Figura Nº 2

Referencias

1 Dinsmore P.C., Canbanis-Brewin J. “The Project Office: rationale and implementation”, Cap 24, The AMA Handbook of Project management, Second ed. American Management Association. 2006.

2 Crawford, J.K., “The strategic project office”, PM Solutions, 2001.

3 Cooke-Davies T., “Project Management Maturity models: does it make sense to adopt one”. Project Management Today, 2002.

4 Project Management Institute (PMI), “Organizational Project Management Maturity Model”, PMI.2003

5 Software Engineering Institute, “Capability Maturity Model Integration (CMMI)”, Carnegie Mellon University, SEI.. 2002.

6 Paul M.C., Weber C.V., Garcia S.M., Crisis M.B.y Bush M., “Key Practices of the capability maturity model CMM”. Carnegie Mellon University, SEI. 1993.

7 Casey, W, Peck, W. “Choosing the right PMO setup”. PM Network, (Feb 2001), p. 40-48.

8 Dinsmore, P.C., Graham R.J., Englund R.L. “Creating the project office, a manager’s guide to leading organizational change”. Jossey-Bass, 2003.

9 Kerzner, H. “Strategic planning for project management using a project management maturity model”. John Wiley & Sons, Inc. 2001.

10 Amendola, L., “Methodology for the implementation of the Project Management Office”. Dep. Proyectos de Ingeniería, Universidad Politécnica de Valencia. 2004.

11 Andersen E.S. y Jessen S.A., “Project maturity in organizations”. International Journal of Project Management, Vol. 21, p 35-41, 2003.

12 Bridges, D.N., Crawford, J.K., “How to startup and rollout a project office”. Project Management Institute, Seminars & Symposium. 2000.

13 Projects Management Institute, PMI, “Guía de Fundamentos de la Dirección de Proyectos” PMBOK®, Tercera Edición, PMI. 2004.

Criteria for Designing Noise and Vibration Comfort of Passengers on Board of Ships

Marco Biot

Dept. of Naval Architecture, Ocean and Environment Engineering, University of Trieste
Via Valerio, 10, 34127 Trieste, Italy
e-mail: biot@units.it

Francesco De Lorenzo

Noise and Vibration Department, Fincantieri SpA
Passeggio S. Andrea, 6, 34100 Trieste, Italy
e-mail: francesco.delorenzo@fincantieri.it

Abstract

The issue of shipboard habitability related to vibrations has been governed for years by the ISO standard 6954:1984, a very popular point of reference for shipbuilders and shipowners. In 2000, the ISO 6954 standard has been revised. This new standard promotes a new approach that should better reflect the human perception of vibration. On the other hand, it leads not only to stricter limits, but also to an additional challenge on theoretical vibration level prediction, which will increase uncertainties in comfort design. While the old ISO standard has proven to be very effective, the new one is still a question mark.

In latest years a further revision process has begun, with the aim of drawing up a more reliable standard. The future standard ISO 20283-5 has not been finalised yet (see ISSC 2009 Committee II.2). In the meantime, the approach of the old ISO standard should be kept as the only sound reference by shipbuilders and shipowners for signing new contracts.

The point of view of authors is that a new ISO standard may be enforced only after a definitive study will have clarified how distribution and amplitude of excitation frequencies affect the passengers comfort on board of ships. At the same time, it is well known that the old ISO standard is starting to show its age. Thus, only a part of the framework of the 1984 version needs to be modified – as, for instance, the controversial concept of the maximum repetitive peak value.

In what follows, the new ISO 6954 rule is examined in order to substantiate the hesitation of shipbuilders and shipowners to use the approach proposed by this new version. Finally, based on comparison between the two present ISO approaches, authors discuss the open question of the structure to give to the future ISO 20283-5.

Introduction

The issue of comfort on board of cruise ships has become of paramount importance in the last years, since the judgment expressed by passengers on their stay aboard is based above all on the quality of the well-being perceived in the various spaces of the accommodation decks.

In general, the choice made by a potential passenger of cruise ship is influenced by a variety of factors, such as itineraries, fares, on board facilities, degrees of luxury, each of them considered on the basis of the personal preferences. However, the most important factor that conditions the choice, whatever it will be, is the confidence that a sufficient personal comfort will be assured on board cruise ship.

Passengers determine their acceptance of a cruise ship on the basis of objective and subjective considerations relating essentially on their perception of comfort and safety.

Among all the different factors relating to comfort, noise and vibrations are undoubtedly the main topics, becoming a crucial issue in a design procedure oriented to the satisfaction of the passenger's expectations.

Thus, providing low levels of noise and vibrations is decisive in maximizing the comfort on board, and shipowners give great importance and define extremely strict limits with regard to this issue, even if the problem of defining the acceptable comfort level on board represents a difficult task. Comfort has become an important contractual item, supported by heavy penalties if not fully complied before the ship delivery.

In this situation, designers get involved in accurate predictions of noise and vibrations levels. Design process can be only based on their experience gained by the cooperation with shipowners, which in turn test the quality of cruise ships on the passenger's feedback.

As a matter of fact, experiments and simulations can not be effective for testing a comfort level, since, during a test, people will be certainly not in the same psychological state as they are on board during a cruise. Consequently, the comfort oriented design need to be based on the verification of the real comfort perceived by passengers. The feedback got from passengers is usually expressed in terms of notes presented to shipowner.

For assessing an acceptable comfort level on board, shipowners and designers can also make reference to rules and standards, that, however, hardly provide an effective guidance, since they do not consider nor the interaction among all the possible sources of disturbance, neither the subjectiveness of the passengers response to the different stimuli influencing their sensation of comfort.

On the other hand, with the purpose to better quantify the comfort perceived by passengers, and hence the comfort quality offered on board, rules limit of levels of stationary noise and vibration and indexes characterizing the non-stationary noise are under continuous evolution.

Evolution of the rules is certainly a quite long and difficult process that should also take advantage from best shipbuilder practice with the aim of providing practical and reliable tools, able to give to designers a better understanding of the design principles.

Nowadays, new rules and standards on comfort quality on board ships are under discussion with the purpose of enhancing the comfort offered on board and, at the same time, to meet the expectations of the maritime industry for guidelines consistent with the ships environment.

A consolidated design philosophy

The rules of the International Organization for Standardization and the International Maritime Organization have been during the years a sound standard of reference for both shipyards and shipowners concerning the vibration and noise limits on the ships.

Today, in the shipbuilding field, the comfort oriented design concerning noise and vibration is governed by two single rules:

- the ISO Rule 6954:1984 “Mechanical vibration and shock, Guidelines for the overall evaluation of vibration in merchant ships” concerning hull vibration, originally proposed to be applied to crew accommodations only, but at present applied mainly for passengers and crew accommodations areas;
- the IMO Rule A468(XII):1981 “Code on noise levels on board ships” concerning the air noise in the various types of spaces on board, including the working areas (for instance the engine rooms), and proposed to securing an acceptable comfort level to the crew.

On these bases both shipyards and shipowners for many years took advantage of the common experience made in applying the aforementioned standards and by assimilating in the design philosophy the approach proposed by the rules. The know-how of shipyards has in time undergone a constant improvement, allowing to meet the challenging requests for a higher quality comfort on board of cruise ships.

As a matter of fact, limit values set by the foregoing rules are a benchmark in the procedure for the determination of the vibration and noise levels on board the ships. In such respect, it is worth noting that, while some years ago the shipowner specifications used to establish as limits precisely the rule limits (in other words the shipowner higher limit was equal to the regulation lower limit), now there is the tendency to lower the limit values aiming at ever higher comfort characteristics.

However, it is to be remarked that shipyards and shipowners usually adopt the standard based on the "peak values approach" (that given in the ISO 6954:1984) as reference, reducing their limits and differentiating them between areas devoted to passengers and crew.

The lower limit of the range of acceptability mentioned in the old ISO Rule has always been considered the maximum limit tolerable. It is equal to 4 mm/s of peak value when, in the range of medium and high frequencies, the crest factor is not taken into account ($C_F = 1$). As above mentioned, such limit value represents the starting point for the determination of an ever increasing level of comfort for the accommodation spaces for passengers and crew.

In the meantime, shipyards and shipowners have been assisted by the Classification Societies, that provided specific advice on the subject. Det Norske Veritas, first among them, have studied and set guidelines for the evaluation of the comfort on board, supplying directions on the vibrations and noise limit levels. In particular, different levels of comfort quality have been set, differentiating the corresponding limit levels in accordance with the ships type.

The ISO standard impasse

ISO standard 6954:1984 outlines a straightforward procedure for the measurement and evaluation of vibrations with regard to shipboard habitability. This standard is regarded as a milestone for a reliable assessment of comfort on board of ships. In the last years the theoretical and practical approach given in the 1984 version has been abruptly changed by the issuing of the final draft of the 2000 version, whose framework is highly questionable, at least from the point of view of shipbuilders (De Lorenzo & Biot, 2006). On the other hand, an enhancement of the old 1984 standard could not be postponed, since such a version has been accepted for years despite lack of complete satisfaction. As matters stand, it is taken for granted that in order to look at how to overcome the present impasse a review process of new ISO 6954 standard cannot be avoided.

In this frame, ISO technical committees have started to work on a reviewed standard that should be included as part 5 in the new standard ISO 20283 covering the whole range of

vibration on ships. The essential requirements of the new approach should be effective in estimating the real level of comfort and, at the same time, in being of practical use for shipyards and shipowners. The main issue is that it does not exist an updated and in-depth study regarding the effects of vibrations on passengers comfort on board of ships. In effect, the specific ISO technical committee is encouraging experts to collect all available data for improvement of ISO 6954:2000.

Handling the real comfort

The main feature of ISO 6954:1984 is that, for the purpose of assessment, each excitation frequency of a vibration spectrum is considered to give a separate contribute in terms of human perception of comfort. The admissible vibration level for each excitation frequency is expressed as maximum 0-peak value (see Fig. 1).

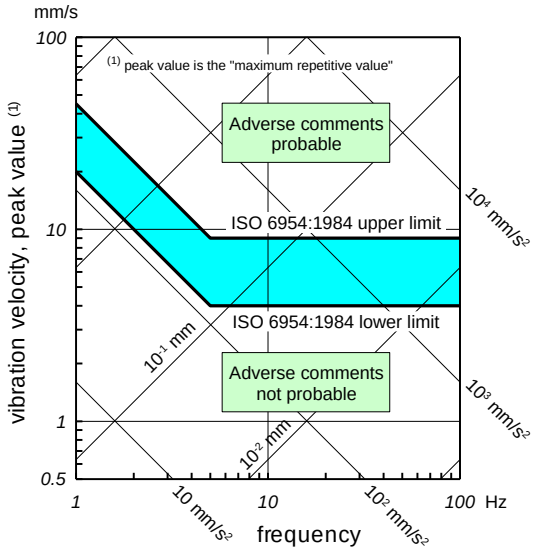


Figure 1: The ISO 6954:1984 vibration limits.

The approach was validated by a lot of measurements made on board of ships during several years and after statistical analysis of the behaviour of the people on board. The statement "Adverse comments not probable" which marks the area below the lower limit curve in diagram of Fig. 1 is very effective in defining a basic level of comfort. Higher comfort levels may be set by lowering the limit curve. Moreover, even if periodic excitation forces are subjected to a certain degree of variation, the regulation approach allows routine calculation predictions and quick and easy experimental measurements. This is why the old ISO standard gained general acceptance for the evaluation of shipboard vibrations with regard to human exposure.

Clearly, limits to vibrations in the accommodation area of a ship should guarantee an optimal comfort level. Unfortunately, there is lack of information about the human perception of vibrations, at least as far as shipboard habitability is concerned. Exhaustive research in close cooperation between ship vibration experts and psychologists should be carried out. Up to that time, the best rule is to act in accordance with the experience gained by shipyard and owners. Other opinions have a very relative value.

To prove the strength of the above statement, results of an investigation carried out by the authors (Biot & De Lorenzo, 2007a) made on the notes presented by passengers about noise and vibrations disturbances perceived in the cabins of a cruise ship during a certain number of voyages are here summed up. The investigation was performed with a practical approach which allows the measurement and monitoring of the real comfort on board of cruise ships.

All the sources of noise and vibration on board have been considered, and the subjective impressions of passengers have been taken into account. It is worth stressing that noise and vibrations disturbances are handled together because of their nature; being dynamic factors, they are considered the comfort attributes with the greatest influence on the perception of well-being in people on board and, within the comfort design, are called “active parameters”.

The applied procedure consists in gathering, processing, and analyzing passengers judgements in order to correlate the comfort perceived by passengers (the real comfort) and the objective quality of the offered comfort, measurable by means of physical parameters. In the case here presented, a number of judgements has been collected and classified on the basis of the different types of sources of disturbance (Fig. 2).

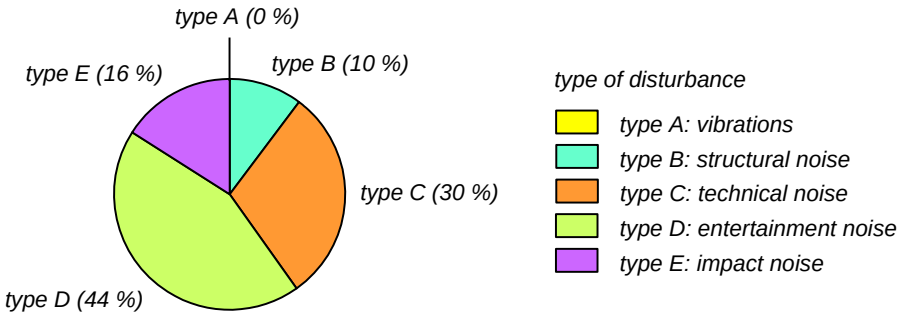


Figure 2: Different influence of the sources of disturbance.

Since analyzed data refer to a modern cruise ship involved in routine voyages, the results here presented are significative of the level of comfort on board of cruise ships of the latest generation. For what concern vibration annoyance, the main conclusion of the analysis is that no claims have been registered. That is a prove of the ability of designers in dealing with the

vibration phenomena, even if they set comfort design just on velocity levels in mm/s peak at any single frequency.

Old versus new ISO standard

The new ISO approach based on a "integrated weighted" overall level expressed in mm/s RMS is apparently valid as it considers the human perception of vibration as a whole. On the other hand, a global value which can synthesize all the vibration effects on human perception is not completely convincing when the energy of the vibration spectrum is mostly concentrated on a narrow band, since a vibration spectrum is not perceived by the body as a whole, but by any part of the body as a single part. The analogy with the concept of dB(A) in the noise field is very attractive, but to argue from analogy may lead to wrong conclusions.

Another question is the starting point of ISO 6954:2000, which in our opinion – an opinion shared by many experts, is not strictly correct. In effect, the new standard is based on the ISO 2631-2 standard, where human exposure to whole-body vibration is accounted, with the aim of limiting the annoyance and comfort effects on occupants of buildings. The "base curves" of that guideline (which in substance reflects the same human sensitivity of the old 6954 standard) represents magnitudes of equal human response with respect to comfort perception. Depending upon specific circumstances, the base curve should be properly raised.

The new standard was introduced without having been seriously substantiated by measurements of shipboard vibration and till now the situation has not changed very much. However, the sensitivity curve has not been raised by a proper multiplying factor and it has been applied to in shipboard comfort just hoping that what has proven to be valid in other fields (i.e., in buildings) would also be valid on board of ships. Moreover, the issue of long-term familiarization on board of ships has not been considered.

Finally, the method defined in the new ISO approach does not appear effective, since its very complicated framework leads to increased uncertainties in vibration prediction and real comfort assessment.

Many comparisons have been made between the outcomes resulting from the implementation of the two procedures outlined in the old and in the new ISO standard (Carlton & Vlašić, 2005; Biot & De Lorenzo, 2007b; Savreux *and al.*, 2007). As it was widely demonstrated without any doubt, accordance between the results of the two approaches is not always clear, depending on the type of the signal: this means that something is not correct.

As a clarifying example of how the new ISO standard is inappropriate to identify critical conditions, some measures acquired on recent passenger ships are reported here (Biot & De Lorenzo, 2007b). Measurements have been made, in accordance with the standard practice, during the trial test, i.e. at 100% of the maximum continuous rating (MCR) in a moderate sea state. Computations of the time records have been made by referring to the procedures defined in the old ISO 6954 standard and in its new version.

The results of the two procedures have been compared in terms of the check ratio c, defined as the ratio between the measurement outcomes elaborated according to the two ISO standards (reference values) and the relevant limit values. A check ratio $c = 1$ means that a limit habitability condition (in relation to vibrations and according to one of the two standards) has been reached in the location where the time record has been taken. Based on the firm belief of the authors on the effectiveness of the peak value approach in evaluating the real level of comfort on board of ships, an equivalent crest factor equal to one has been taken.

The measurements carried out on different ships were about some hundreds. For almost all the surveyed locations, satisfactory results ($c < 1$) have been obtained by enforcing both the standards. Just for about ten locations the only check ratio calculated according to the new standard was found greater than one, while the check based on the old ISO standard was positive. The reason of the disagreement may be explained by analysing the vibration spectra: in all cases, inconsistency may be related to propeller cavitation and to ship motions (i.e., peak at very low frequencies).

One of the two approaches fails in evaluating the habitability. Based on the common experience that the old ISO standard may be considered fully satisfactory since it is extremely effective in emphasizing critical areas, one may argue that the new ISO standard, supplying indications that diverge from those of the old one, does not offer the same requirements of reliability. In conclusion, the new layout may risk to overestimate the vibration effects on the real comfort and to interpret levels not noticeable by passengers as critical vibration. As an example, Fig. 3 shows the vibrations measured on board of a cruise ship as elaborated according to the old and the new ISO standard. The assessment of habitability made on the base of the 1984 version gives a vibration level equal to 17% of the limit, while applying the 2000 version the measured vibration level is equal to 88% of the relevant limit.

The main feature of the frequency-weighted approach is its ability to better reflect the human perception of a broadband vibration. Measurements show that the new approach is very sensitive to random vibration due to propeller cavitation. The same conclusion has been

reached by Savreux *et al.* (2007), who stated that "2000 version appears more exigent for large band spectra". Moreover, they observe that "it could be less restraining than 1984 version for some particular types of spectra presenting a concentrated energy"; this observation, in our opinion, cannot be interpreted as a good response.

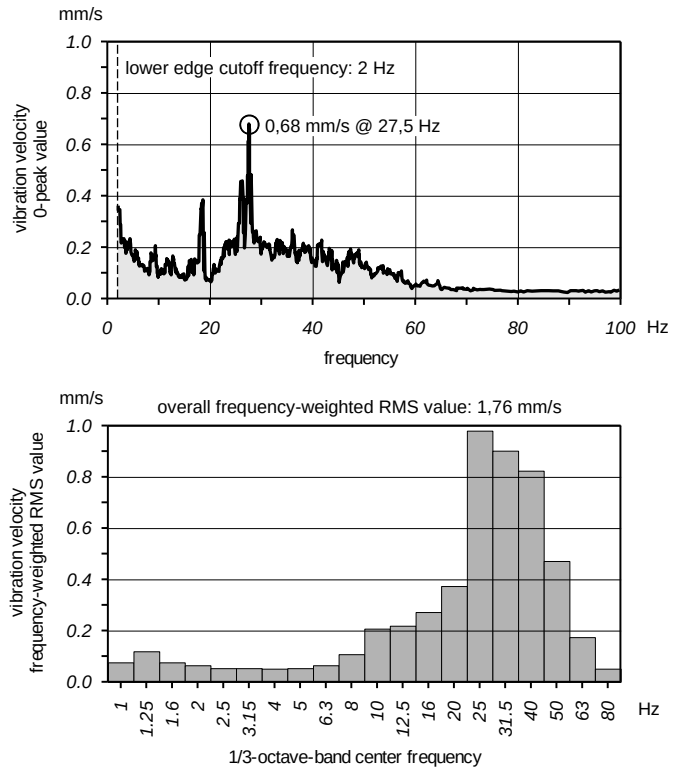


Figure 3: Spectrum with a small broadband response (cruise ship, passenger cabin).

In short, when a high content of energy is scattered on the entire bandwidth, the frequency-weighted approach clearly tends to be more reactive. This could lead to an overestimation of the vibration effects on habitability on board.

On the other hand, research carried out by Besnier *et al.* (2007) shows that in deck vibration computed according to the new ISO standard the contribution of propeller broadband excitation is insignificant compared to the contributions from 1st and 2nd propeller blade harmonic. In effect, the discomfort perception due to propeller cavitation is more related to induced structural noise than to deck vibration. Thus, the broadband approach proposed by the new ISO rule appears to be not necessary.

The new ISO standard forces designers to take a very different approach. As the concept of a comprehensive limit entails in itself manipulation of primary data, an overall level is very heavy to deal with by designers when they try to find a direct relation between vibration sources and resulting overall level. The assessment procedure of the new ISO standard is a

very demanding work, which is not at all suitable for implementation in an early stage design. Practical difficulties to sign any contract are direct consequences of such a situation. In effect, it is widely held that to define the acceptable value to be placed in a new building contract according to the new ISO rule is very hard.

Moreover, according to the 2000 version shipyards can acquire a reliable estimation of vibration-related comfort only after the elaboration of measures taken during sea trials – but this fact happens too late, when the ship is ready to be delivered and measurements are just for checking. In conclusion, a new contract where vibration limits are based on the new ISO standard cannot be managed by shipbuilders and that is enough for considering the 2000 version as an unenforceable standard.

The range of measurements from 1 Hz to 80 Hz denotes a clear disagreement with the purpose of treating habitability with reference to vibrations. In effect, our experience shows that for very low frequencies (up to 2 Hz) there are no other excitations than that of the sea. Actually, hull girder's modes up to 2 Hz may be excited by sea waves, but on the other hand hull deformations are negligible when compared to both local deformations and ship motion amplitudes. So, measurements made below around 2 Hz may just be legitimate for checking comfort in relation to sea-keeping performance of ships. Moreover, it is not true that filtering vibrations at 1 Hz has little impact on the final results.

If calm sea is a requirement for acceptance tests according to new ISO rule, it must be pointed out that waiting for calm sea conditions during sea trials would require a lot of time, which is not acceptable by shipyards. In fact, contractual measurements are made in a narrow time window, and if sea conditions are hardly acceptable, measurement outcomes are elaborated to be discussed at a later meeting between the parts.

Fulfilment of the new ISO standard is more difficult as the length of the ship decreases. Whereas old ISO 6954:1984 was applicable to merchant ships of length between perpendiculars of 100 meters or greater, the 2000 version does not provide for this eventuality. Thus, limit values are independent of ship length. Small and fast crafts have potential to produce higher noise and vibration levels than larger vessels, so it is difficult to apply the standard to all vessels. The following case cited by the ISSC 2006 Committee II.2 end referring to the work of Hung *et al.* (2004) is only given as an example.

The habitability of the living quarters and the navigation bridge of a fast craft (displacement of 200 ton, length of 30 m, and top speed of 34 knots) were assessed according to the new ISO standard. Two ship conditions have been considered. When the ship was in ballast in sea

state 2, measured frequency-weighted RMS accelerations was below the lower regulation limit, whereas in full load condition in sea state 4 close to 5, measured accelerations reached the upper limit value, because of the influence of ship motion and wave impact. Contrary to the expectations, these measurement outcomes showed an improvement in the more favourable full load condition.

In conclusion, vibration measurements according to the new ISO standard should be performed in sea state less than 2 or 3, in order to avoid unwanted effects. But, clearly, during ship trials it is not plausible to delay vibration measurements waiting for a more favourable sea state. Moreover, the above mentioned measurement campaign made on a fast craft shows a clear incompatibility, inside the new standard, between size of the ships to be applied and the admissible vibration levels.

The weak point of the old standard and best features of the new ISO standard

The real weak point of the old ISO standard is that it refers to the concept of the maximum repetitive value (MRV). That gives rise to endless discussions. The maximum repetitive (peak) value measures the highest amplitude that appears regularly in a vibration record every time dominant frequency components are in phase. Clearly, MRV concept was proposed for evaluation of the measured signal in time domain.

Nowadays, time record is not yet subject to peak identification, as collected vibration data are directly processed to obtain a time averaged narrowband spectrum of RMS values. So, the problem arises when, within the ISO 6954:1984 approach, measured RMS values need to be compared with limits expressed in terms of MRV. On the other hand, measurement equipments with appropriate filters could directly give quantities similar to peak values. Such outcomes, being obtained by averaging procedures, are not the wanted MRV unless a suited acquisition procedure would be set in order to give a standard MRV.

As stated by the 2006 ISSC Committee II.2, “MRV was not simply defined”, that leads to some uncertainty in the assessment of the vibration levels. Anyway, an MRV is also very difficult to measure if the time signal is composed of several frequencies, because it is difficult to distinguish between the MRVs relevant to the distinct frequency components.

If the signal is purely sinusoidal, measured RMS values may be converted to MRV values just by multiplying by $\sqrt{2}$. Otherwise, some approaches have been proposed to solve the question, and the simplest one is to use the so-called conversion factor C_F. Within this method, it is sufficient to multiply each value of the measured RMS spectrum by an equivalent crest factor

equal to $C_F\sqrt{2}$, where C_F is determined by calculations. If not known, a tentative value of 1.8 is proposed for C_F in the old ISO standard.

The purpose of crest factor calculation is to give a quick idea of how much impacting or beating is occurring in a time record. In shipboard vibration, impacting is often associated with wave impact, roller bearing wear, and gear tooth wear, while beating is due to the superposition of two harmonics of very similar frequencies. Crest factor gives useful information that is lost in frequency domain, where it is no more evident the difference between impacting or beating and random vibration.

If the signal analysis is carried out with a high resolution, one may infer that there is virtually just one frequency component in each frequency band, implying that C_F may be fix equal to one. Also Veritec (1985) concluded some years ago that a correction factor equal to that proposed by the standard (C_F = 1.8) does not lead to a correct interpretation of the measured values if the scope is to evaluate the shipboard habitability. Veritec justified such conclusion by saying that "in general, dominant components in shipboard vibration would be sinusoidal in nature". Based on many-year experience, also the Italian Organization for Standardization (UNI) agrees on the decision of considering the value proposed by the ISO standard as not appropriate, and establishes to assume a value of one.

More recently, Toyama & Akashi (2003) showed the consistency of the old and new ISO approaches and, what is here more important, made a direct estimation of MRV on various types of signals. MRV was obtained as the average of 1/10 highest values of signal filtered by a band-pass filter. He observed that, since shipboard vibration is composed by purely periodic signals and random vibration, the larger the bandwidth the higher the values of measured MRV. Nevertheless, the outcomes show that the scatter of MRV for a "shipboard vibration" is not so high; therefore, shipboard vibration has proved to be almost purely sinusoidal.

In conclusion, if a random vibration is non-deterministic (i.e., its future behaviour cannot be precisely predicted), it is necessary to fix a good estimator of MRV. The main open question remains which should be the better estimator to be applied in shipboard vibration. Another question is the influence of beating and impacting vibrations on comfort perceived by people on board. The RMS based estimator established in the new ISO standard is clearly very useful as it can be assessed just in the frequency domain. However, such an overall value does not solve the major problem, which is to distinguish (as done by the human perception) between the effects of single harmonic excitation and broadband excitation.

The new standard is undoubtedly superior in eliminating a lot of sources of ambiguity in measurement procedures and assessment. As an example, it makes a clear distinction among different types of living areas. Moreover, following the trend of modern rules, in this guideline every step of the data collection is detailed and normalized according to ISO 8041.

Position of the classification societies

The comfort classes issued by the classification societies are based on the ISO 6954 guidelines and they set both standardized procedures and admissible values. The limits of vibration that identify the classes are different for the various Societies. Usually, for cabins on passenger ships the highest rating is lower than that of ISO 6954.

Some classification societies have accepted the point of view of shipyards and shipowners and consider opportune to postpone the implementation of the 2000 version. In other words, the new standard is considered to be not sufficiently founded, and worries about implications for shipyards and passengers are shared by the classification societies. Therefore, they allow users to optionally choose the old ISO approach instead of the new one (see Tab. 1).

Class	ISO 6954 Vibration criteria	
	1984 Version	2000 Version
ABS (2001)		✓(1)
BV (2009)	✓	✓
DNV (2003)	✓	
GL (2004)		✓
LR (2009)	✓	✓
RINA (2004)	✓	

(1) based on BS 6841 (1987)

Table 1: Comparison of the comfort class criteria.

In DNV (2003) and RINA (2004) comfort classes, for what concerns the admissible vibration levels, reference is made to the ISO 6954:1984 approach measuring peak values in the frequency range from 5 to 100 Hz. The LR (2009) comfort class allows for both approaches, featuring two sets of vibration acceptance levels, corresponding to the old and the new ISO standard. Also the BV Comfort Class COMF-VIB 2009 gives the possibility to use the new ISO standard or the old one based on direct measuring of the peak values.

On the other hand, GL (2004) provides an overall frequency-weighed RMS level in the frequency range from 1 to 80 Hz for the habitability assessment. The same approach is

followed by ABS (2001), whose comfort class provides a maximum weighted level according to frequency weighting based on BS 6841 (1987) in the frequency range from 0.5 to 80 Hz.
In Tab. 1 the different class notations are compared in terms of applied approach and vibration limits, the latter referred to the best comfort level assigned by each class.
Regarding the noise levels, the only standards of reference existing at international scale are those issued by the International Maritime Organization (IMO), which are rules aiming at securing an acceptable level of comfort to the crew. Such standards have not undergone any modification over the years and today are sometimes considered obsolete and in some cases the noise levels required by shipowners are lower.
On the other hand, the Comfort Classes issued by the Classification Societies not only determine the maximum noise level that is to be secured for the assignment of the class, but also propose additional standardized procedures (i.e., for the measurement of the sound insulation index and of the impact sound insulation index). Nevertheless, it is the authors' opinion that the compliance with the limits for the assignment of the comfort class does not guarantee the comfort quality in the spaces on board even under normal use conditions.

Conclusions

The ideas of many European shipyards regarding the new ISO 6954 standard have been collected by the authors. They are persuaded that the 2000 version is not applicable to ships and support a deep review of the regulation assessment approach. The ISO group working to create the new ISO 20283 standard should also consider that for the new standard to be of practical use a series of prerequisites are essential, that is ease identification of the exciting sources and repeatability and reliability of measurements.
Moreover, the future ISO standard should be based on a more manageable assessment procedure. In fact, as matters stand, it is very difficult for shipbuilders to sign new building contracts based on acceptable vibration limits according to ISO.
It is also clear that a better understanding of the mechanism which governs the comfort perception is necessary for defining more reliable assessment standards. Thus, definitive study should be encouraged to clarify how distribution and amplitude of excitation frequencies of a spectral distribution affect the passengers comfort on board of a ship.
In the meantime, the old ISO approach should be regarded as more appropriate to make design predictions and to exploit the experience acquired by the shipyards to full advantage of the real comfort. However, experience of designers suggests that the old ISO 6954:1984 is

very effective. In fact, shipowners too still consider valid the methodology provided by the old ISO standard, which they conservatively take as reference, reducing its limits and differentiating them between the areas devoted to passengers and those devoted to the crew.

References

Besnier F., Buannic N. and Jian L. (2007). *Broadband excitation induced by propellers and ships comfort evaluation*. 1st Marstruct International Conference, Glasgow, UK.

Biot M. & De Lorenzo F. (2007a). Open Issues Regarding Noise and Vibrations on Board Cruise Ships: a Suggested Approach for Measuring Comfort. Autumn Conference 2007: Advanced in Noise and Vibration Engineering, Institute of Acoustics, Oxford, UK.

Biot M. & De Lorenzo F. (2007b). Noise and Vibrations on Board of Cruise Ships: Are New Standards Effective?. ICMRT '07, Ischia (Naples), Italy.

Carlton J.S. & Vlašić D. (2005). Ship Vibration and Noise: Some Topical Aspects. 1st International Ship Noise and Vibration Conference, London, 2005.

De Lorenzo F. & Biot M. (2006). Noise and vibration: comfort standards evolving in the wrong direction?. The Naval Architect – International Journal of The Royal Institution of Naval Architects, March 2006, pp.36-39.

Hung C.F., Chiang L.C., Chuu L.N. and Chen T.C. (2004). Vibration measurement and modal identification for a fast craft. 9th PRADS, Lübeck, Germany

ISSC (2006). Report of Technical Committee II.2: Dynamic response. 16th International Ship and Offshore Structures Congress, Southampton, UK.

ISSC (2009). Report of Technical Committee II.2: Dynamic response. 17th International Ship and Offshore Structures Congress, Seoul, Korea.

Savreux K., Crouzet S., Andreau C. (2007). Overview of comfort criteria for vibration assessment proposed by ISO 6954 and different Classification Societies. Ship Noise and Vibration Conference, London, UK.

Toyama Y. & Akashi T. (2003). Analysis and evaluation of vibrations in superstructure of ships based on new ISO 6954. ISOPE 2003, Honolulu, HI, USA.

Veritec (1985). Vibration Control in Ships. Høvik, Norway.

State of the Art of Life Prediction Methods for Fatigue Design of Marine Structures

Marco Biot, Lorenzo Moro

Dept. of Naval Architecture, Ocean and Environment Engineering, University of Trieste
Via Valerio, 10, 34127 Trieste, Italy
e-mail: biot@units.it

Manuel Urcia Larios

Escuela de Ingeniería Naval , Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
Av. Panamerica Norte, 855, Chiclayo, Perù
e-mail: murcia@usat.edu.pe

ABSTRACT

In complex structural details, stress concentrations are emphasized by a tortuous stress-flow along the structural discontinuities, and both stress multiaxiality and elastic-plastic strain field are increased. Conventional methods are hardly valid without adjustments when very-high stress concentrations exist and the material local response is a repeated plastic deformation. The strain-based approach, which considers the elastic-plastic strain range as the governing load parameter, becomes the reference design method when fatigue failure occurs after relative low number of load cycles (low-cycle fatigue) – as stated in Radaj *et al.* (2006) and in Wang *et al*. (2006). On the other hand, stress multiaxiality may be dealt by referring to different criteria, generally oriented to the implementation of the traditional cumulative fatigue damage procedure based on *S-N* curves – as illustrated in the technical report of the ISSC Committee III.2 “Fatigue and Fracture” (2009).

The work here presented deals with a case study performed by the University of Trieste and Fincantieri for the improvement of a structural detail where weld joints are subject to proportional biaxial variable-amplitude loading leading to high plastic strains. After discussing how the *S-N* method should be modified to allow for stress multiaxiality and elastic-plastic strain, a critical examination is carried out following alternatives for effective equivalent stress hypothesis.

METHODS FOR THE FATIGUE ANALYSIS

Within the cumulative damage procedure, the fatigue design of any structural detail is performed by making use of a reference parameter *s* derived by the stress-strain field measured or calculated in the vicinity of the crack site. The fatigue check is performed by comparing *s* with the strength value *S,* which is endurable at the same number of cycles *N*. Fatigue capability is given in form of *S*-*N* curve. Depending on the chosen reference parameter, fatigue assessment is carried out by different methods.

The "nominal stress approach" is based on the concept of nominal stress σ_n, that is the far-field stress due to the forces and moments at the potential site of cracking. The nominal stress approach ($s = \sigma_n$) is a robust and straightforward "global approach" for assessing fatigue strength of any classified (i.e., typical) structural detail. Extensive experience has been acquired over the years in the use of such a very practical approach, to such an extent that it continues to be the primal method for fatigue assessments. The method has yet certain intrinsic limitations to be ascribed to a poor tracing of the decisive fatigue-strength influencing parameters. On the other hand, its formal simplicity makes it the right method for design codes and guidelines.

The nominal stress approach is replaced by a "local approach" when a high demand of accuracy is needed, as well as in the case of complex structures when the concept of nominal stress loses meaning or, at least, when an unambiguous nominal stress level is difficult to identify. In the local approaches, the fatigue strength of any structural detail is assessed by making reference to the intensity of the stress or strain field measured or calculated just in the area at risk of crack initiation − such a critical location is usually denoted a "hot spot". In general, analyses of structural discontinuities and details are not possible using analytical methods. Thus, the finite element analysis is mostly applied according to the local approach used for the fatigue assessment. Within the FE analysis, uncertainties in the computed stresses and predicted fatigue lives are mainly due to the element properties and sizes. Due to the sensitiveness to FE properties of the stress-strain field at the hot spot, different methods have been conceived for getting the more appropriate FE-calculated fatigue effective parameters.

The structural stress approach

The "structural stress approach" takes into account only that part of the local stress concentration which is related to the structural geometry. In plate-type structures, the structural stress σ_s is commonly defined as the sum of a membrane and a bending stress at the hot spot, excluding the local nonlinear stress peak at the notch. The decisive issue in any

structural-stress based approach ($s = \sigma_s$) is how to obtain a significant structural stress value, that is a stress neglecting the notch effect but, at same time, effective in describing the macrostructural behaviour of the structural component, and so, reactive to very slight changes in the local configuration of the structural component.

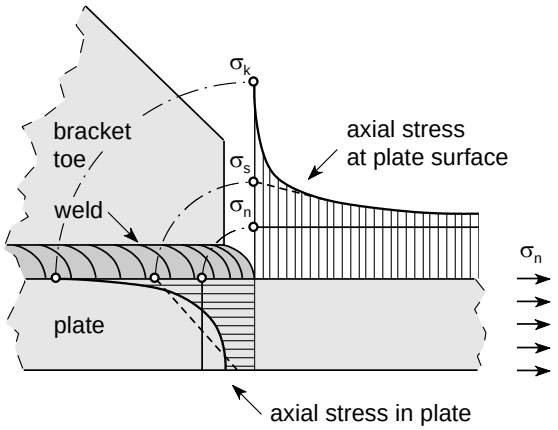


Figure 1. Stress types at a typical hot spot in a plate-type structure.

The definition of a procedure as unambiguously as possible for separating local configuration effect from the notch effect is the subject of today's investigations and the following procedures have been developed to derive the reference structural stress at the hot spot (Radaj *et al.*, 2006):

- the extrapolation of stresses to obtain a hot-spot stress;
- the equilibrium searching in a small volume at the hot spot to obtain an equilibrated structural stress, as in the Dong's method;
- the evaluation of an effective structural stress at a read out point properly located in the vicinity of the crack initiation point. In the method proposed by Xiao and Yamada (2004) the stress is measured 1 mm below the surface on the expected crack path; in the method proposed by Haibach, the stress is determined on the surface 2 mm apart from the weld toe.

In Fig. 1 the structural stress extrapolation at the weld toe of a bracket on a plate surface is shown (σ_k is the notch stress, σ_s the structural stress and σ_n the nominal stress). Figure shows that the structural stress may be derived as "hot-spot stress" σ_{hs} by two ways:

- from the stresses at plate surface (surface extrapolation);
- from the stresses in the cross section at the weld toe (through-thickness extrapolation).

The surface stress extrapolation is carried out on stresses read out on points located relatively far from weld to not feel weld-notch effect, but sufficiently close to the potential crack site to completely catch the influence of the "geometry effect". There are a lot of proposals for the

location of those points and in most cases the plate thickness is a suitable parameter to position the evaluation points. In the most common standards, the hot-spot stress is defined as the stress obtained from FE analysis by linear extrapolation on the read out points located at 0.5 *t* and 1.5 *t* from the weld toe (being *t* the plate thickness). The ratio between the hot-spot stress and the nominal stress is defined as the "hot-spot stress concentration factor" K_{hs}.

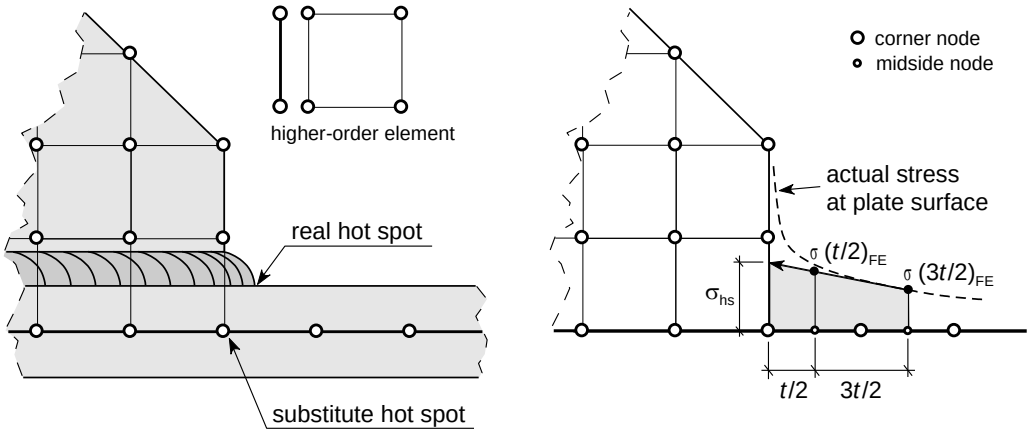


Figure 2. FE model for a typical hot spot and evaluation of the hot-spot stress.

All the different procedures for the structural stress computation are based on FE calculations. Specific techniques have been defined for structural modelling:

- according to the type of elements, FE models are thin-shell or single/multi-layer solid models; in standard fine-mesh models, elements have just corner nodes, while in relative-coarse mesh models, higher-order elements are used;
- according to the geometric and mechanics accuracy, weld is included or not − so deferring, in the latter case, to a "substitute hot spot" any reference for subsequent stress manipulations.

Fig. 2 shows a relative-coarse mesh FE model suitable for σ_{hs} extrapolation according to common standard. From a practical point of view, procedures based on low-density mesh shell-element FE models are to be preferred, provided that their accuracy and consistency is checked by comparison with solid-element models. In effect, when a solid-element FE model is employed, weld is easily possible, and the stress field both close to the weld and on the overall structural joint can be investigated with a high degree of precision.

The notch stress approach

In the "notch stress approach" the notch stress σ_k may be defined as the total local stress at the root of a notch, taking into account the stress concentration caused by both the component geometry and the local notch. In the notch-stress approach ($s = \sigma_k$), the elastic microstructural notch support hypothesis is accounted by a proper manipulation of the elastic stresses.

Fatigue-effective notch stress is calculated by averaging the elastic stresses obtained on a small area in front of the notch site. Methods for lowering the theoretical FE-calculated elastic stress at the notch are of major concern in the more recent investigations. The following methods (Radaj *et al.*, 2006) are regarded as sound reference (see Fig. 3):

- the critical distance approach, where the fatigue effective notch stress is calculated at a proper critical depth below the notch root surface; the critical depth a^* depends on the ultimate tensile strength of the material;
- the high stressed volume approach, which relates the fatigue effective notch stress to the stress gradient perpendicular to the notch surface; in details, an average elastic stress is calculated in the region $V_{90\%}$ when 90 % of the maximum notch stress is exceeded;
- the fictitious notch rounding approach states that the fatigue effective notch stress may be derived by the FE-calculated elastic stress obtained by an analysis performed on the notch with an enlarged radius ρ_f; the enlargement of the weld toe radius avoids the averaging procedure; the value of the radius ρ_f is function of the yield limit of the material.

The result of the application of the different procedures is generally expressed in term of elastic "fatigue notch factor" K_f, which may be defined as the ratio between the fatigue-effective notch stress and the nominal stress.

Calculations are carried out by making use of finite element or boundary element methods (sub-model technique). The notch stress can be also computed by fatigue notch factor K_f together with the nominal or structural hot-spot stress. The notch-stress approach based on worst-case assumption is a sound simplified procedure for investigating the effectiveness of a fatigue design up to crack initiation. The further advantage of the effective notch approach resides in that just one *S-N* curve is sufficient for representing the fatigue properties of the base material in the HAZ, since the weld notch effects have been already included in the calculated stresses. On the other hand, the method it is not suitable for code or guideline procedures because it involves very fine FE mesh models and complications in stress calculation (the stress at weld notch is highly sensitive to mesh size).

A more straightforward (and more conservative) approach proceeding from the effective notch approach is also used. In this method the fatigue notch factor is replaced by the elastic "notch stress concentration factor" K_t, defined referring the elastic notch stress to the nominal stress. According to this simplification, the notch stress based method becomes a purely geometric stress approach, where the total geometric effects are considered simultaneously.

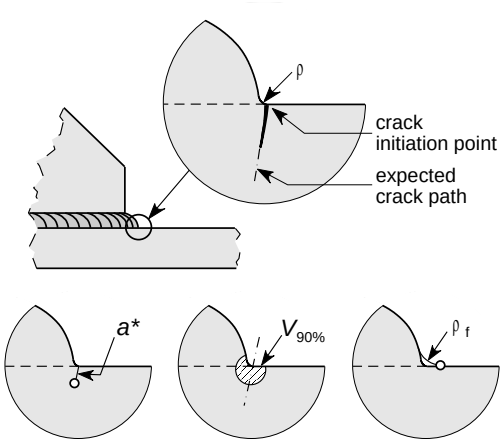


Figure 3. Different definitions for the fatigue effective notch stress.

The notch strain approach

In the "notch strain approach" the controlling parameter *s* is the strain ε. Like the notch stress approach, the notch strain approach put the fatigue life in explicitly relation to structural geometry and weld shape and to material parameters. However, unlike the former, it is able to take also into account the macrostructural support effect which arises when an appreciable local plastic deformation occurs at the notch. Basically, strain based procedures have a better formal consistency and very clearly explain the elastic-plastic mechanism which takes place around the notch root, i.e. the interaction between the notch plastic zone and the elastic surrounding material, which constraints the deformations inside of the plastic zone.

To carry out a notch-strain based fatigue assessment, the elastic-plastic strain *S*-*N* curve is necessary, along with the cyclic stress-strain curve. The cyclic stress-strain behaviour at the notch of a structural component is obtained by cyclic strain-controlled tests performed on a small unnotched comparison specimen. Fatigue life of the structural component is therefore closely connected with that of the specimen. It is widely accepted to express the cyclic stress-strain curve according to the Ramberg and Osgood formulation:

$$\varepsilon_{a,k} = \varepsilon_{a,k}^{el} + \varepsilon_{a,k}^{pl} = \frac{\sigma_{a,k}}{E} + \left(\frac{\sigma_{a,k}}{K'} \right)^{1/n'} \qquad (1)$$

where $\varepsilon_{a,k}$ is the total local strain amplitude at the notch in a cycle (the sum of the elastic and plastic components), $\sigma_{a,k}$ the local stress amplitude at the notch, *E* is the elastic modulus and *K*' and *n*' are material parameters. The "strain *S*-*N* curve" (also know as ε-*N* curve) is a four parameter relationship which may be written according to Manson and Coffin as:

$$\varepsilon_a = \varepsilon_a^{el} + \varepsilon_a^{pl} = \frac{\sigma_f'}{E}(2N)^b + \varepsilon_f'(2N)^c \qquad (2)$$

where ε_f' is the fatigue ductility coefficient, σ_f' the fatigue strength coefficient, N is the number of cycles to crack initiation and the two parameters b and c are called fatigue strength and fatigue ductility exponents respectively. An example of ε-N curve suitable for low to high fatigue calculations is shown in Fig. 4.

It was proved by measurements that in plate-type structures Neuber's rule may be appropriate to convert an elastically computed stress-strain pair into the corresponding actual stress-strain pair. In fact, in thin plates in tension, the material outside the elastic-plastic zone, due to the small thickness, is not efficient in restraining the deformation at the notch tip, so, the local deformation is governed by the elastic-plastic field inside of such zone. This is the base of the Neuber's rule, by which the conversion from the elastically computed to the actual elastic-plastic stress-strain field is given by the simultaneous solution of Eq. 1 and the following equation:

$$\varepsilon_{a,k}\sigma_{a,k} = K_t^2 \frac{\sigma_{a,n}^2}{E} = \frac{K_t^2}{K_{hs}^2}\frac{\sigma_{a,hs}^2}{E} \qquad (3)$$

where the indexes n and hs mean that σ_a is obtained as a nominal or hot-spot stress respectively. The strain $\varepsilon_{a,k}$ obtained according to such an hypothesis is much larger than that obtained in thick plates, when the relationship between elastically computed and actual stress-strain field at the notch tip is linear. In Fig. 5 the conversion from an elastically computed nominal pair (point A) to the actual notch pair is shown according to both the linear law (point C) and the Neuber's rule (point D), while point B is the fictitious notch elastic stress and strain pair. The cyclic stress-strain curve and the ε-N curve of Fig. 4 and 5 are given for an unalloyed steel with ultimate tensile strength σ_u = 490 MPa and elastic modulus E = 206 GPa.

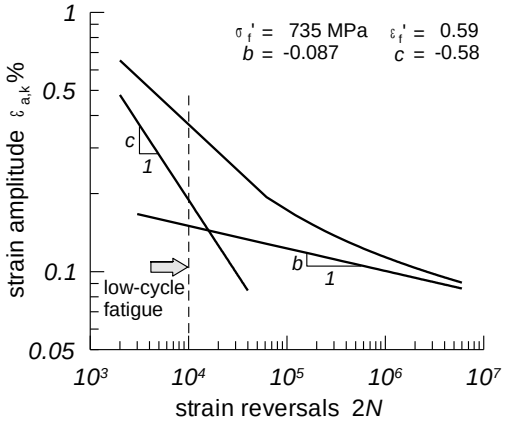


Figure 4. Strain S-N curve.

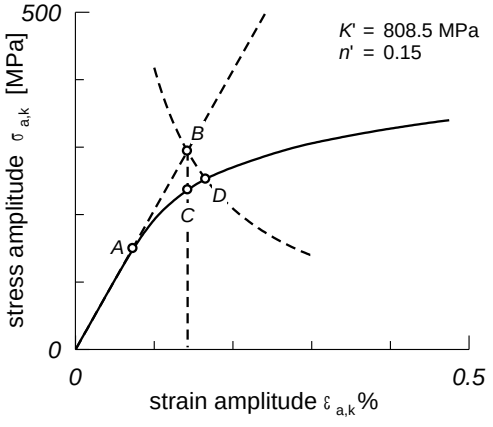


Figure 5. Notch-strain determination.

The notch-strain based assessment shows the same advantages discussed in relation to the stress-based approach. However, a number of arguments give evidence of difficulties in applying the notch strain approach, such as the inhomogeneity in material and the difficulties in defining suitable models to include the micro- and macro-structural notch support effects.

The low-cycle fatigue

Fatigue crack growth follows different laws depending on the level of stress reversals. A distinction is often made between low-cycle fatigue range and high-cycle fatigue range but the definition of the regions is somewhat arbitrary. Low-cycle fatigue is normally characterised by large strains in the plastic range with failure occurring after relative few load cycles (in the order of 10^4 cycles, see Fig. 4). Tensile strength and the ductility of the material are important parameters for the fatigue strength of components exposed to low-cycle fatigue. The endurance of the components in high-cycle fatigue is in the order of several millions of load cycles; high-cycle fatigue is generally dominated by stresses in structures which are within the elastic stress ranges. Local geometry and initial defects are important parameters in the high-cycle fatigue range.

When applied to high-cycle fatigue, notch strain and notch stress based approaches are interchangeable, as the elastic strain component of the strain *S-N* curve prevails on the plastic strain component and uniformly repeated stress cycles entail uniformly repeated strain cycles. On the other hand, the fatigue life of a structural component in the medium to low-cycle range is properly performed by the notch strain approach, on condition that investigations are aimed to ascertain the endurable strains referred to just the technical crack initiation. However, the crack initiation life according to the notch strain or stress approach and the crack propagation life according to the fracture mechanics approach may be combined to obtain the total life. In the strain-based approach residual stresses and mean stresses may be properly taken into account, along with cyclic relaxation.

The stress multiaxiality

Another open question is how to deal with multiaxial stress-strain conditions, arising when components are subjected simultaneously to multiple loads in several directions. With reference to the load carrying penetrating fillet and butt welds, the biaxial-stress hypothesis represents the most general approach for fatigue assessments. Seam welds may be studied under the assumption of a pure membrane stress field when the weld line is loaded by biaxial structural stresses with oblique principal directions. The principal stresses are substituted by a tensile stress $\sigma_\perp$ acting normally to the weld and the weld parallel shear stress $\tau_\parallel$, while the

weld parallel normal stress $\sigma_{\parallel}$ is disregarded as it is generally not fatigue relevant. When the loads are applied in such a way that the principal stress orientation in the member does not vary with time, the two interacting stress amplitudes $\tau_{a\parallel}$ and $\sigma_{a\perp}$ are in phase (proportional loading), otherwise they are out of phase (non-proportional loading).

Different methods are applied within the local approaches to consider the case of proportional biaxial variable-amplitude loading. In the multiaxial approach for brittle material, the fatigue damage is calculated by referring to the maximum principal stress (MPS). So, the fatigue effective equivalent stress and the fatigue check criterion are defined as:

$$\sigma_{a,eq} = \sigma_{a,MPS} = \frac{1}{2}\left(\sigma_{a\perp} + \sqrt{\sigma_{a\perp}^2 + 4\tau_{a\parallel}^2}\right) \quad \text{and} \quad D \le D_{per} \tag{4}$$

where D_{per} is the permissible damage sum. The principal stress to be considered should be approximately in line with the perpendicular to the weld toe, i.e. within a deviation of $\beta = \pm 60°$ (see Fig. 6).

As regards ductile materials, it is suggested to make reference to one of the following approaches: the criterion of the distortion strain energy (DSE, generally referred to as the von Mises yield criterion) and the criterion of the maximum shear stress (MSS, also known as the Tresca criterion). In both cases, the fatigue effective equivalent stress and the fatigue check criterion are expressed by:

$$\sigma_{a,eq} = \sigma_{a,DSE/MSS} = \sqrt{\sigma_{a\perp}^2 + \alpha\tau_{a\parallel}^2} \quad \text{and} \quad D \le D_{per} \tag{5}$$

where $\alpha_{DSE} = 3$ and $\alpha_{MSS} = 4$ for the Von Mises and the Tresca criterion respectively.

Another approach applied in the case of proportional biaxial variable-amplitude loading considers a linear superposition of the damages caused by the two stresses acting independently; the total damage is so calculated as the sum of $D(\sigma_{a\perp})$ and $D(\tau_{a\parallel})$ as:

$$D = D(\sigma_{a\perp}) + D(\tau_{a\parallel}) = \left(\frac{\sigma_{a\perp,E}}{\sigma_{A\perp}}\right)^3 + \left(\frac{\tau_{a\parallel,E}}{\tau_{A\parallel}}\right)^5 \le D_{per} \tag{6}$$

where the index *E* refers to the equivalent (normal or shear) stress amplitude, that is the constant amplitude stress which is equivalent in terms of fatigue damage to the variable amplitude loading under study, at the same number of cycles N_L; and the index *A* refers to the permissible (normal or shear) stress amplitude at the same number of cycles N_L (see Fig. 7).

All the presented approaches are just extensions of multiaxial yield criteria. On the contrary, the "critical plane criterion" (Bäckström, 2003) is based on the observation that the critical shear stress in a shear plane is linearly dependent to the maximum normal stress in the

considered plane. To apply such an approach it is necessary to evaluate the maximum critical shear stress among the values obtained for a certain number of planes parallel to the weld line.
In all the above mentioned criteria, the cumulative damage is calculated according to the set of *S-N* curves defined for uniaxial loading (a proper correction may be applied to the fatigue class *FAT* value). The value of the permissible damage sum D_{per} is generally limited to 1.0 or 0.5 for steel structures (Hobbacher, 2007).
The fatigue effective equivalent stress amplitude calculated according to Eq. (4) and Eq. (5) is suitable for structural and notch stress approaches. The different stress components at the weld toe should be evaluated with separate extrapolation to the hot spot. In the notch-strain approach (low-cycle fatigue) the equivalent strain amplitude is calculated on the basis of the octahedral shear strain criterion in plane stress or in plane strain conditions.
The IIW (Hobbacher, 2007) suggests to disregard the equivalent shear stress amplitude if it is lesser than 15 % of the equivalent normal stress amplitude, or if the respective damages are in the ratio of 10 % or lesser. In the case of proportional loading, it is also recommended to use the maximum principal stress approach. In the case of non-proportional loading, it is proposed to separately calculate the damage sums of normal and shear stresses which are to be finally added as in Eq. (6).
The point of view of the classification societies is not univocal. For steel structures, DNV (2005) prescribes to calculate the cumulative damage on the basis of the maximum principal stress approach. In general, DNV states that the fatigue relevant stress is the structural principal stress at the hot spot in a sector of $\beta = \pm 45°$ from the normal to the weld line, calculated by linear extrapolation of the individual stress components of the plane stress tensor. For holes with edge reinforcement, the effects of both the structural stress parallel and normal to the weld should be considered. For each of them, a proper value of the weld stress concentration factor K_w is proposed for shifting from structural to notch stresses ($K_w = 1.5$ for the normal stress and $K_w = 1.0$ for the parallel stress). No indications are given on the method for calculating the total damage caused by the two stresses.
In the guidelines for direct calculation given by LR (2001) it is suggested to calculate the fatigue relevant stresses with fine mesh models based on shell elements. At the plating free edge in way of a hole an alternative procedure is proposed, which contemplates the use of a rod element of small nominal area incorporated just at the plating edge. The same approach is also applied, with due attention, to holes with an edge reinforcement, and the axial stress read

out on the bar positioned along the weld toe line (the parallel stress σ‖) is considered as the fatigue relevant stress.

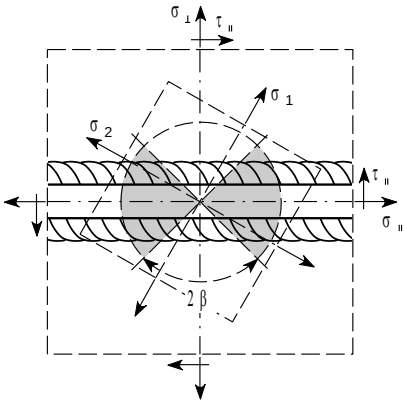


Figure 6. Biaxial oblique loading.

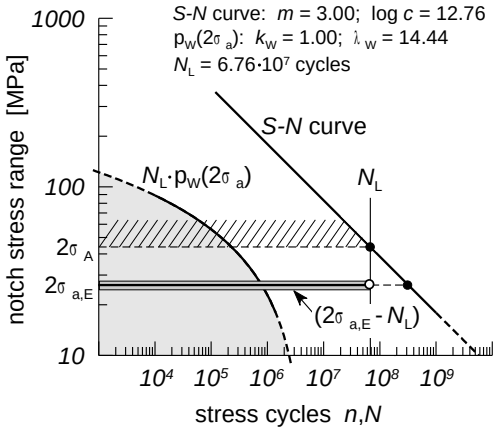


Figure 7. Equivalent and permissible stresses.

The evaluation of the cumulative damage

A direct load analysis for fatigue assessment may be carried out by making reference to a long term distribution of the wave loads. Alternatively, a simplified statistical approach may be implemented according to the Weibull probability density function $p_W(2s_a)$ – where s_a is a strain or stress amplitude. Once a significant value of s_a has been calculated together with its probability of exceedance $Q(2s_a)$, the whole load history may be approximate by the product $N_L\, p_W(s_a)$, where N_L is the total number of cycles experienced by the ship.

THE CASE STUDY

The case study concerns the fatigue analysis of the critical structural details at the openings which, vertically lined up on a longitudinal bulkhead, lead from each deck to a lift and stairs trunk (Fig. 8). At the corners of the opening high stress concentrations arise due to the high shear deformation of the bulkhead caused by the bending of the ship hull in waves. At the opening corners a biaxial plane-stress state takes place, associated to a proportional variable-amplitude loading.

Solutions aimed to the reduction of the stress level in way of the openings have been studied by focussing on a new design of the opening corners. Analyses have been carried out by making use of FE models with a mesh refinement at the opening edges. Two studies have been performed and results have been compared on the basis of the stresses caused by the maximum hogging of the ship, as the stress-strain field on the detail under consideration is governed by the hull girder deformation.

In the first study, the relation has been analysed between the corner radius r of the opening and the level of the local stresses which arise along the weld line between the bulkhead plate

and the door frame (Fig. 8, "base solution"). Analyses show that the stresses parallel to the weld line according to LR (2001) are acceptable only if the corner radius is very large (i.e., $\sigma_{\parallel}/\sigma_{per} = 1.10$ for $r = 250$ mm), resulting in a configuration incompatible with the casing.

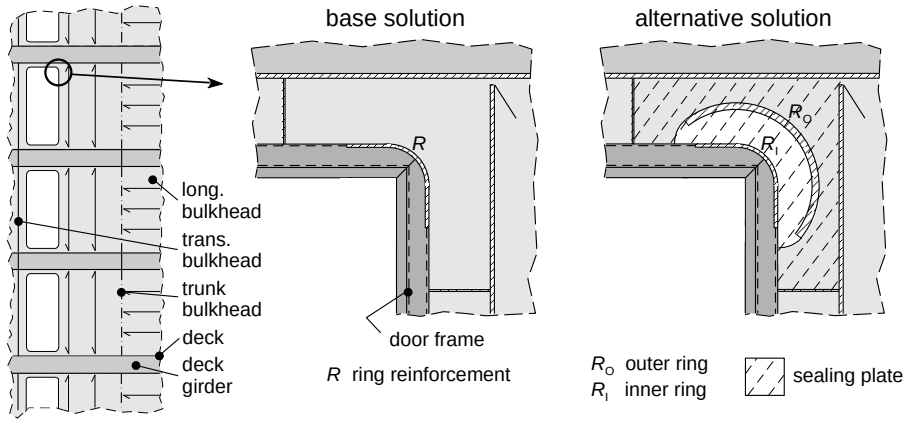


Figure 8. The opening lay-out and the structural detail.

Therefore, a second study has been performed on a "alternative solution" (Fig. 8) where, according to the standard of casing lay-out, the corner radius on the door frame is fixed to 100 mm and, in order to control local stresses on the primary supporting members, the bulkhead plate cut-out at the opening corner takes a new design with an outer corner radius of 200 mm. The gap between the two ring reinforcements (the inner ring R_I on the door frame and the outer ring R_O on the bulkhead plating edge) is sealed with a small thickness plate just to restore the *A*-class fire barrier. Such an alternative solution for the structural detail has been studied in two configurations: door frame with beam and stanchion joined with an outer rounded edge (Fig. 9, type *A*) and door frame with right-angle corners (type *B*).

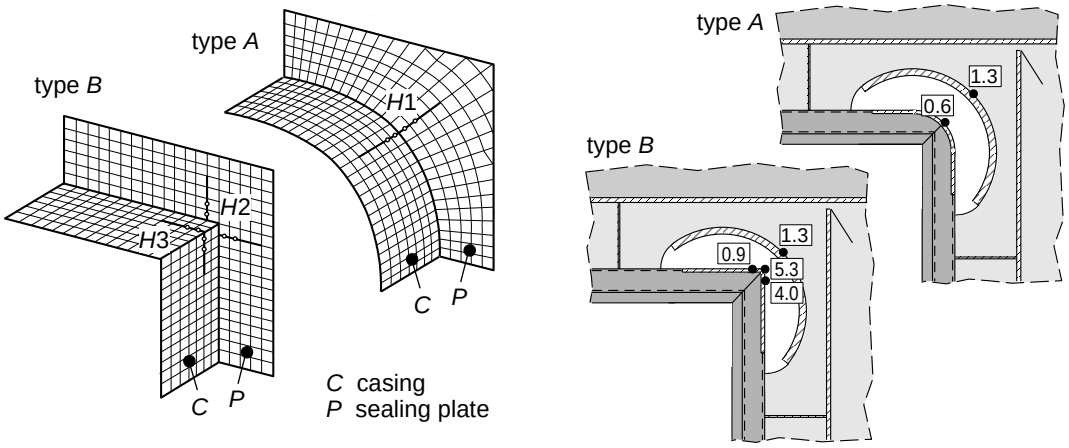


Figure 9. Hot-spot locations and calculated fatigue lives.

Maximum stresses calculated on both *A*- and *B*-type configuration are much below the highest stress measured on the base configuration with $r = 100$ mm, in the ratio of about 1:2. Since in

the *A*- and *B*-type structural details peak stresses are very similar (i.e., in the ratio of 1:1.2), a complete fatigue analysis on all the hot spots of the two configurations has been carried out.

Linear fatigue analysis according to the structural-stress approach

Stresses on the critical areas are mainly caused by the vertical deformation of the hull girder and local loads have not effects on the local stresses. The extreme conditions for determining the maximum stress range $2\sigma_{a,max}$ on the hot spots are the maximum and minimum hogging of the ship hull, and the probability of exceedance of $2\sigma_{a,max}$ is $Q(2\sigma_{a,max}) = 1/N_L$. Each structural configuration has been analysed by using a shell-element FE model with fine mesh in the hot-spot area (8-node elements with side length equals to the plate thickness *t*) and coarse mesh outside. Elements have both membrane and bending capability. The welds are not modelled. Structural members are idealised, i.e. welded joints are perfectly aligned. No submodels have been created and all the FE analyses have been performed on the entire hull.

The most critical hot spots have been located on the basis of the von Mises stresses. Four different hot-spot locations have been defined:

- *H*0: weld line between ring reinforcement and bulkhead plate;
- *H*1: weld line between door frame and sealing plate in the *A*-type detail configuration;
- *H*2: weld line between door frame and sealing plate in the *B*-type detail configuration;
- *H*3: weld line between the stanchion and beam of the casing in the *B*-type detail.

The single components of the stress tensor have been linearly extrapolated to the hot spot according to procedure shown in Fig. 2. Then, the principal stresses have been calculated by the matrix diagonalization of the local stress tensor. The so obtained structural stress pair (σ_1, σ_2) has been transformed in the ($\sigma_\perp$, $\sigma_\parallel$) pair according to the DNV procedure. It has been found that in most hot spots parallel stress is greater than normal stress. DNV stress concentration factors have been applied for evaluating the notch stresses to be used in accordance to the *S*-*N* curve DNV I-b (see the *S*-*N* curve parameters in Fig. 7). N_L has been derived by an empirical formula.

The fatigue damage *D* has been evaluated by summing up $D(\sigma_\perp)$ and $D(\sigma_\parallel)$ to obtain the total damage. The *H*0, *H*2 and *H*3 hot spots have been confirmed to be very critical, with the lower fatigue lives on the side of the bulkhead plate for *H*0, on the side of the sealing plate for *H*1 and on the side of the casing stanchion for *H*3 (Fig. 9).

The hot spots at the weld lines along the radiused hole-edges (i.e., the *H*0 and *H*1 locations) have been also analysed according to the LR guidelines. The practical procedure is based on the comparison between the maximum FE calculated $\sigma_\parallel$ stress and the allowable stress. The

analysed hot spots are all positively verified, in contrast with the DNV outcomes. The DNV and LR procedures are in agreement if the only $\sigma_{\parallel}$ are considered in the DNV approach.

In order to check the applied procedures, all the hot spots have been also analysed according to different biaxial criteria. The effective equivalent structural stresses $\sigma_{a,eq}$ at the hot spots have been evaluated according to:

- the maximum principal stress approach of Eq. (4),
- the criterion of the distortion strain energy of Eq. (5) with $\alpha = 3$,
- the criterion of maximum shear stress of Eq. (5) with $\alpha = 4$.

Moreover, the approach of Eq. (6) based on the linear superposition of $D(\sigma_{a\perp})$ and $D(\tau_{a\parallel})$ has been also applied. The approaches have been compared in terms of fatigue life to the approach developed according to DNV (i.e., linear superposition of $D(\sigma_{a\perp})$ and $D(\sigma_{a\parallel})$). Failure criterion is based on $D > D_{per} = 1$.

Results give evidence of a good agreement between the different procedures, with a clear indication on the real capability of the analysed structural details.

Non-linear fatigue analysis according to the notch-strain approach

A further fatigue check has been developed on the basis of the notch-strain approach in order to evaluate the role played by the high-stress cycles measured on most of the hot spots.

The parameters of the applied cyclic stress-strain curve according to the Ramberg and Osgood formulation are shown in Fig. 5, and the parameters of the reference elastic-plastic ε-N curve according to Manson and Coffin are shown in Fig 4. Fatigue damage has been evaluated on the basis of the linear Miner's rule. The strain reversals load history has been derived from the Weibull-based stress-range load history by simple statistical considerations. In both cases, an endurance limit at $5 \cdot 10^7$ cycles has been considered.

The non-linear fatigue analysis has been carried out on the *H*0 hot spot, as it has been considered the most important part of the structural detail. Since FE calculated stresses are basically structural stresses, a proper notch stress concentration factor $K_t = 1.96$ for cruciform joints has been considered from Laurence *et al.* (1981) in Radaj *et al.* (2006). The cumulative damage calculated according to the elastic-plastic approach is very high, more critical than that obtained by the fully elastic approach developed on the same load history and with reference to the elastic part of the same ε-N curve. The general agreement between the two approaches confirms the necessity to modify the design of the structural detail under consideration.

Moreover, the relationship between the hot-spot stress amplitude $\sigma_{a,hs}$ and the fatigue damage D on the $H0$ hot spot has been evaluated, in order to identify the limit hot-spot stress amplitude $\sigma_{a,hs,lim}$ to which the fatigue design should be aimed. The $\sigma_{a,hs,lim}$-D relationship has been calculated according to both the elastic and the elastic-plastic approach. Comparison of the two curves shows that:

- when the hot-spot stress remains below about 80 % of the yield stress of the material, the linear elastic approach leads to design on the safe side;
- the hot-spot stress for which $D = 1$ shows a very slight difference between the two approaches, with a +6 % according to the elastic-plastic approach.

On the basis of this consideration, one may infer that the design of the new structural detail may be suitably performed by making use of the less time consuming method, since it is on the safe side if the permissible damage is $D \leq 1$. In order to design a safe structural detail in relation to the $H0$ hot spot, the target of designer should be the containment of the hot-spot stress below about 75 % of the yield stress, as for larger stress values both approaches foreseen a fatigue failure within the ship's design life.

REFERENCES

Bäckström M. (2003). Multiaxial Fatigue Life Assessment of Welds Based on Nominal and Hot-spot Stresses. VTT Publications 502, ISBN 951 38 6234 8.

Det Norske Veritas (2005). Fatigue Assessment of Ship Structures. DNV Classification Notes, N.30-7, July 2005.

Hobbacher A. (2007). Recommendations for Fatigue Design of Welded Joints and Components. International Institute of Welding IIW, Doc. XIII-2151-07/XV-1254-07.

ISSC (2009). Report of Technical Committee III.2: Fatigue and Fracture. 17th International Ship and Offshore Structures Congress, Seoul, Korea.

Lloyd's Register (2001). ShipRight Structural Design Assessment Procedure, Primary Structure of Passenger Ships, Direct calculations. November 2001.

Radaj D., Sonsino C.M. and Fricke W. (2006). Fatigue Assessment of Welded Joints by Local Approaches, 2nd Edition, Woodhead Publishing, Abington, England, ISBN 1 85573 948 8.

Wang X., Kang J.K., Kim Y. and Wirsching P.H. (2006). Low Cycle Fatigue Analysis of Marine Structures. OMAE2006, Hamburg, Germany.

Xiao Z. and Yamada K. (2004). A Method of Determining Geometrical Stress for Fatigue Strength Evaluation of Steel Welded Joint. International Journal of Fatigue, volume 26, 2004, pp 1277-1993.

Desarrollo de la Primera Máquina Automática (Robot) para el Formado de las Placas Curvas del Casco de los Buques Utilizando Líneas de Calentamiento

Vega, Adan[1], **Sánchez, Victor**[1] **y Murakawa, Hidekazu**[2]
[1] Universidad Tecnológica de Panamá, [2] Joinning and Welding Research Institute, Osaka University

Resumen
Los autores han desarrollado la primera máquina automática (Robot) capaz de formar con gran precisión una superficie tridimensional cualquiera. Este robot conocido como IHI – α está siendo utilizado en astilleros de construcción naval en Japón y próximamente se desarrollarán modelos similares para su aplicación en otras industrias.
En este reporte, se explica en detalles el funcionamiento de IHI – α y se detalla el proceso seguido para desarrollarlo. Se hace énfasis en la relación matemática entre la cantidad de calor y la deformación obtenida y se explica cómo se desarrollo los modelos matemáticos que se necesitaban para programar el robot.

Palabras Claves
Formado metálico, Líneas de calentamiento, Robots, Análisis termo-elástico-plástico, Elementos finitos.

1- Introducción

El formado de superficies tridimensionales por medio de líneas de calentamiento es uno de los procesos más importantes utilizados actualmente en la industria. Sus aplicaciones más comunes son en la construcción de barcos, vehículos espaciales, carros, trenes, etc. Tradicionalmente este proceso ha sido realizado por técnicos altamente calificado. Más sin embargo, el hecho de que se requiere de muchas habilidades y destreza y que se realiza en un ambiente a altas temperaturas y ruido extremo ha provocado que muy pocas personas jóvenes se interesen en aprenderlo. Como resultado, el número de trabajadores ha ido disminuyendo al punto que muchas empresas tienen que subcontratar a otras incrementando así los costos de producción. Es por eso que era de suma importancia el desarrollar una máquina automática (robot) que sin mucha ayuda humana fuese capaz de convertir una placa plana en una

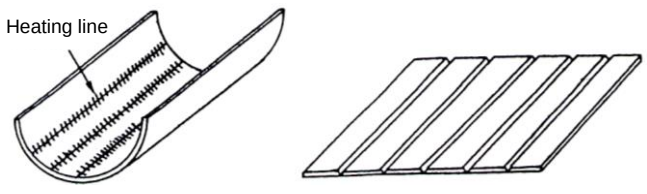
superficie tridimensional cualquiera.

En este reporte los autores hacen un breve resumen de los pasos seguidos para el desarrollo del robot *IHI - α*, el único capaz de formar una superficie metálica tridimensional cualquiera utilizando el método de líneas de calentamiento (Line Heating). Primero se detalla las principales características de este robot, luego se presenta un resumen de cómo se desarrollaron los modelos matemáticos para relacionar la relación entre cantidad de calor y deformación obtenida. Después se presentan ejemplos de los modelos matemáticos desarrollados por los autores. Por último, algunas conclusiones de este estudio son presentadas.

2- Formado Termo-mecánico utilizando Líneas de Calentamiento

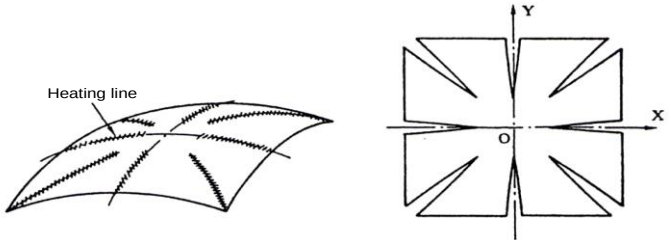
Aunque si bien existen otros procesos de formado de superficies tridimensionales, estos están limitados a formas especificas. Un típico ejemplo son los cilindros los cuales pueden ser fabricados por medio de rolado. En el caso de esferas o superficies más complejas, el formado por medio de pistones a presión o por medio de líneas de calentamiento son las únicas alternativas. Siendo el último el más efectivo debido a la limitante en espesor de placa existente en el primero.

Las figuras 1a y 2a muestran dos formas geométricas típicas (un cilindro y una esfera) formadas de una placa plana. La primera esta dentro de la clasificación de superficies fáciles de desarrollar mientras que la segunda entra en el grupo de las no desarrollables por medio de métodos tradicionales. En las figuras 1b y 2b, se muestra la magnitud del encogimiento y la deformación angular que se necesito para obtener las formas requeridas. Tal como se observa, en caso del cilindro, basta con aplicar deformación angular a la placa y esta se deformará. Esta deformación angular es fácilmente obtenible por medio de rolado u otro proceso mecánico. Mientras que en el caso de la esfera, se necesitó además de la deformación angular, cierto grado de encogimiento del metal. Este último es solo posible obtenerlo aplicando calor a la placa metálica o por medio de pistones a presión.



(a) (b)

Figura 1 Formado de cilindros (a) Cilindro y líneas de calentamiento (b) Cortes necesarios para dar la forma cilíndrica a la lámina. [1]



(a) (b)

Figura 2 Formado de esfera (a) Esfera y líneas de calentamiento, (b) Cortes necesarios para dar la forma esférica a la lámina [1]

Este último ejemplo nos demuestra que para formar superficies tridimensionales con curvatura en dos direcciones tales como las que forman los cascos de los buques, vehículos aeroespaciales, trenes, etc., es necesario utilizar un método de formado que controlado produzca una combinación de encogimiento y deformación angular que posibilite la obtención de la forma final requerida. El único método capaz de realizar estos dos trabajos al mismo tiempo es el popularmente conocido como de líneas de calentamiento (line heating).

El formado de placas curvas por medio de líneas de calentamiento se basa en el hecho de que los metales se expanden cuando se encuentran a altas temperaturas y se contraen cuando la temperatura es reducida. El proceso de expansión y contracción produce deformaciones en el metal. Si este proceso es bien controlado, el resultado final puede ser una perfecta superficie tridimensional. En sí, el proceso de formado por medio de líneas de calentamiento puede ser simplemente visto como un proceso de formar una placa metálica plana en una forma geométrica deseada haciendo uso del encogimiento y la deformación angular producida por la deformación plástica inducida por el proceso de calentamiento y enfriamiento.

3- Automatización del Proceso de Formado Utilizando Líneas de Calentamiento

Aunque si bien el formado metálico utilizando líneas de calentamiento es de común uso en la industria, este proceso se desarrolla manualmente. Esto trae consigo gastos adicionales y gran cantidad de horas hombres consumidas. Por otro lado, el trabajo en sí es sumamente complicado y requiere de mucha experiencia. Esto sumado al hecho de que se desarrolla en un ambiente de altas temperatura ha ocasionado que con el pasar del tiempo muy pocas personas se interesen por aprenderlo. Las anteriores son las principales razones por la que se hacía necesario el desarrollo de un máquina automática (robot) capaz de formar de una lamina plana una superficie tridimensional cualquiera sin significante ayuda humana. En esta sección el proceso seguido para el desarrollo de esta máquina es presentado.

3.1 Desarrollo del primer robot para el formado de superficies metálicas tridimensionales (IHI – α)

Como requisitos básicos para que una maquina fuese aceptada como reemplazo de los especialistas en formado esta tenía que ser capaz de cumplir con los siguientes requisitos:

1- Dado una superficie tridimensional requerida:

a. Identificar la posición y la cantidad de calor necesaria para deformar la placa plana hasta transformarla en la forma final requerida.
b. Aplicar líneas de calentamiento en las posiciones identificadas en el punto anterior.
c. Medir y comparar la forma obtenida con la forma requerida.
d. Corregir errores hasta obtener la forma requerida.

Aunque parezca simple, este proceso estaba lejos de ser considerado automatizado, lo que resultaba en grandes pérdidas de tiempo y por ende dinero. La principal razón de esto es el hecho de que la relación existente entre la deformación requerida y la cantidad de calor que se necesita aplicar para obtener dicha deformación (la clave para la programación del robot) no había sido completamente desarrollada.

Para lograr estos objetivos el proyecto se dividió en tres: El diseño del mecanismo, el control y programación del robot y la aplicación del robot al formado de placas curvas. Las dos primeras etapas se desarrollaron en los primeros seis meses del proyecto. Más sin embargo, para finalizar la última etapa se requirió de cinco largos años. Es en esta etapa donde los autores dieron su aporte y es por ende en la que haremos más énfasis en este reporte.

3.1.1 Formado de placas curvas utilizando un robot

El primer reto para reemplazar el hombre por un robot en cualquier proceso es sin dudas el entender el proceso a tal punto de que se pueda reemplazar cada una de las actividades que se desarrollan durante la ejecución del trabajo por modelos matemáticos que puedan ser incluidos en una serie de códigos que formaran el hardware del sistema. En nuestro caso para resolver este problema primero era necesario desarrollar herramientas que permitiesen reemplazar los costosos experimentos (la principal limitante de cualquiera investigación sobre procesos termo-mecánicos). Esto se logro adaptando un programa de análisis por elementos finitos diseñado para el análisis de soldadura al análisis de deformación producida por líneas de calentamiento. Utilizando este programa el cual fue creado en nuestro laboratorio, se desarrollo un modelo tridimensional para el análisis de deformaciones producidas por líneas de calentamiento. Luego de las correspondientes validaciones experimentales se estudio cada

uno de los factores que afectan la relación entre cantidad de calor aplicado y deformación obtenida para una gran cantidad de modelos, espesores de lamina y condiciones de trabajo.

3.1.1.1 Desarrollo de los modelos matemáticos utilizados en la programación de IHI- α

Como se menciono anteriormente, el proceso de expansión y contracción del metal produce deformaciones. Estas deformaciones están directamente ligadas a tres factores. Primero a la cantidad de calor que se aplica, segundo a la velocidad con que se aplica el calor y por ultimo al espesor de la lámina. Aunque si bien se podría relacionar la deformación a estos tres factores, su comportamiento es no lineal y sumamente complejo. De aquí que no se había podido desarrollar una relación matemática que describiera la relación entre estas variables, esto sin lugar a dudas era el cuello de botella para lograr la automatización del proceso.

En el caso de una lamina cuya relación longitud/espesor sea grande, como es el caso de las placas que se usan en los casco de barco, solamente dos de las seis componentes de la deformación plástica inherente (inherent strain) ε_x* (en la dirección de la línea de calentamiento) y ε_y*(en dirección transversal a la línea de calentamiento), predominan [Ueda et al.,]. De aquí que se puede decir que la deformación producida por la línea de calentamiento está descrita por cuatro componentes de deformación como se muestra en la Figura 3.

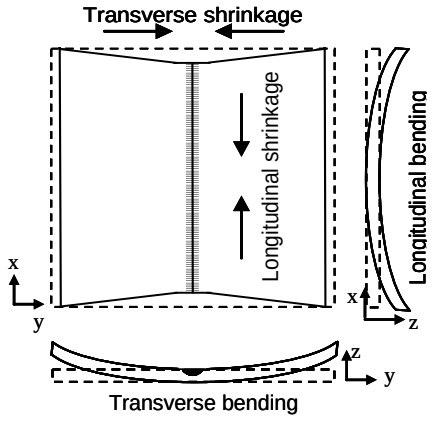


Figura 3 Tipos de deformación producido por el método de líneas de calentamiento

Estos componentes de deformación inherente (inherent deformation) llamadas: encogimiento longitudinal inherente (δ^i_x), encogimiento transversal inherente (δ^i_y), deformación angular longitudinal inherente (θ^i_x) y la deformación angular transversal inherente (δ^i_y) las definimos como la integración de la deformación plástica inherente (inherent strain) a través de la

sección transversal normal a la línea de calentamiento tal como se muestra a continuación:

$$\delta_x^i = \int \varepsilon_x^* dydz / h \quad (1)$$

$$\delta_y^i = \int \varepsilon_y^* dydz / h \quad (2)$$

$$\theta_x^i = \int \varepsilon_x^* (z - h/2) / (\mathrm{h}^3 / 12) dydz \quad (3)$$

$$\theta_y^i = \int \varepsilon_y^* (z - h/2) / (h^3 / 12) dydz \quad (4)$$

En donde, *x* y *y* son las coordenadas de las direcciones de la línea de calentamiento y transversal a la línea de calentamiento respectivamente y *h* es el espesor de la placa.

3.1.1.2 Predicción de la deformación producida por líneas de calentamiento utilizando el método de elementos finitos

El proceso de formado de placas mediante líneas de calentamiento es un proceso termo mecánico no lineal, que hace el modelado numérico mucho más difícil. Sin embargo la simulación numérica es una alternativa para evitar realizar experimentos, y en el caso de las líneas de calentamiento los resultados obtenidos a través de programas de elementos finitos bien diseñados brindan resultados que utilizando otros métodos son imposibles de obtener.

El análisis termo elásto-plástico utilizado en la simulación del proceso de líneas de calentamiento es similar al del proceso de soldadura. El procedimiento básico seguido en el análisis está descrito en el diagrama esquemático mostrado en la figura 4. Las diferencias entre el proceso de soldadura y el proceso de líneas de calentamiento son más que nada debido a las altas temperaturas producidas durante el proceso de soldadura. Además el proceso de soldadura incluye otros aspectos como la fundición y la solidificación del material. Sin embargo mediante el uso adecuado del método de elementos finitos, el mismo programa puede ser utilizado para ambos análisis.

Utilizando un programa de elementos finitos desarrollado en nuestro laboratorio logramos modelar de una forma eficiente el complejo proceso de formado metálico con líneas de calentamiento. En la Figura 5 y 6 se muestran comparaciones de los resultados obtenidos con nuestro programa y otros obtenidos durante experimentos o con otros programas de elementos finitos. A simple vista se puede notar que los resultados obtenidos eran lo suficientemente buenos y por ende representaban de una manera clara el proceso de formado. Este programa fue luego utilizado para el desarrollo de los modelos matemáticos que se utilizaron para la programación del robot.

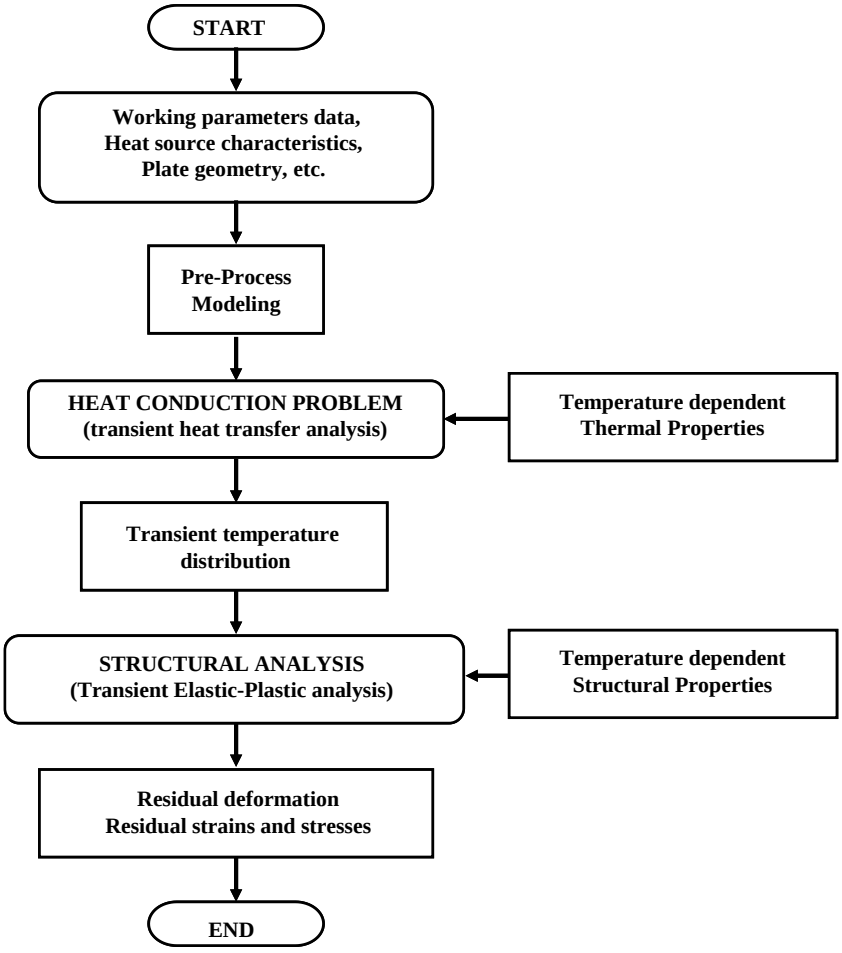


Figura 4 Diagrama esquemático del análisis termo elásto-plástico.

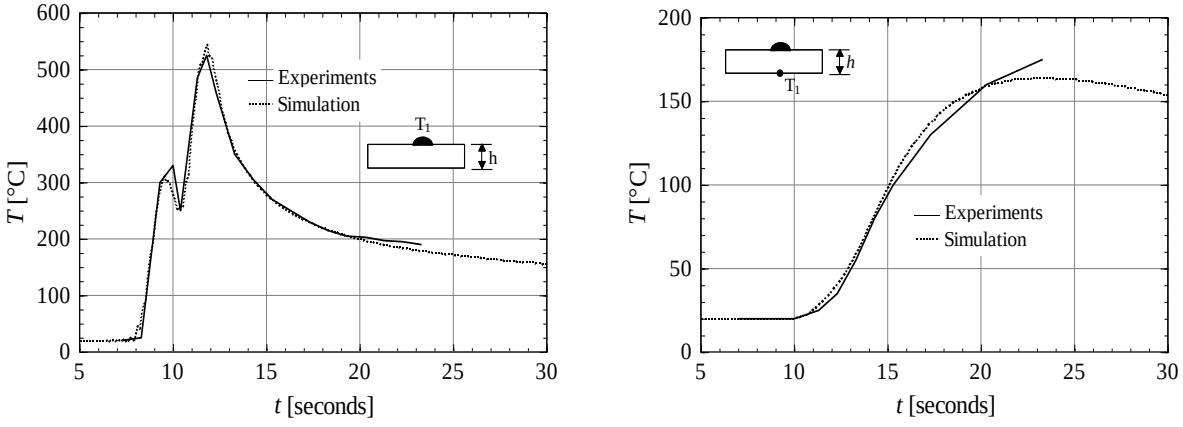


Figura 5 Comparación entre los resultados de temperatura experimentales y simulados (a) Superficie calentada (b) Superficie opuesta.

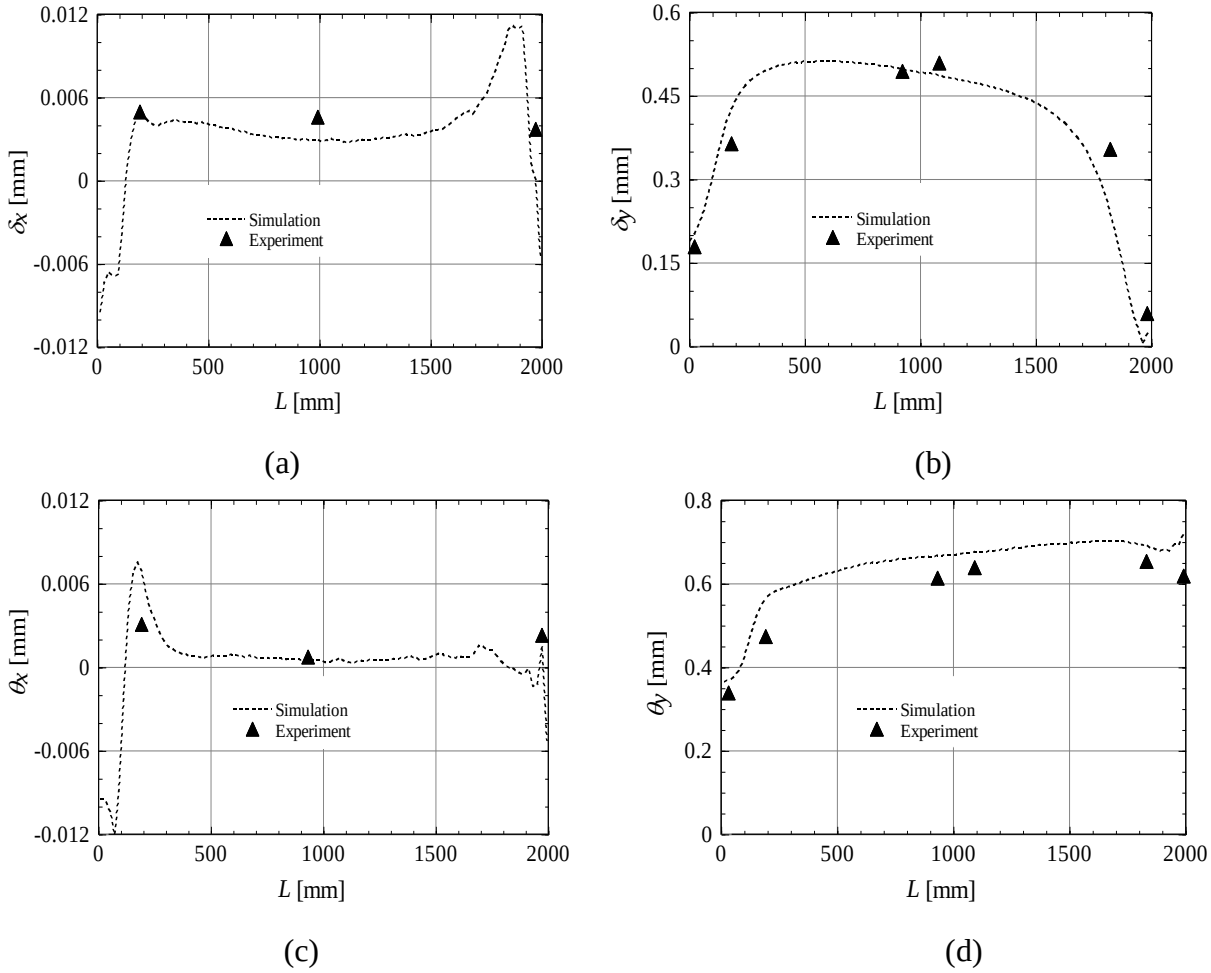


Figura 6 Comparación entre resultados de deformación experimentales y aquellos obtenidos con nuestro programa de elementos finitos (a) encogimiento longitudinal, (b) encogimiento transversal, (c) deformación angular longitudinal y (d) deformación angular transversal

Luego de años de estudio y un sinnúmero de datos analizados logramos relacionar el proceso de formado con modelos matemáticos útiles para la programación del robot.

En vista de que las aplicaciones de este método de formado son variadas, los modelos matemáticos desarrollados en éste investigación se hicieron con el objetivo de poder ser utilizados en este y cualquier otro robot en el futuro. Para ello se desarrolló un modelo independiente de las características del robot y útil para un extenso rango de aplicaciones.

En la figura 7 se muestra un ejemplo de la relación matemática entre cantidad de calor aplicada y la deformación obtenida en el caso de líneas de calentamiento aplicadas en los extremos de la placa. Nótese que se logro, en una sola figura, relacionar al calor aplicado, el espesor de la placa y la deformación obtenida de una forma simple y útil para la programación del robot.

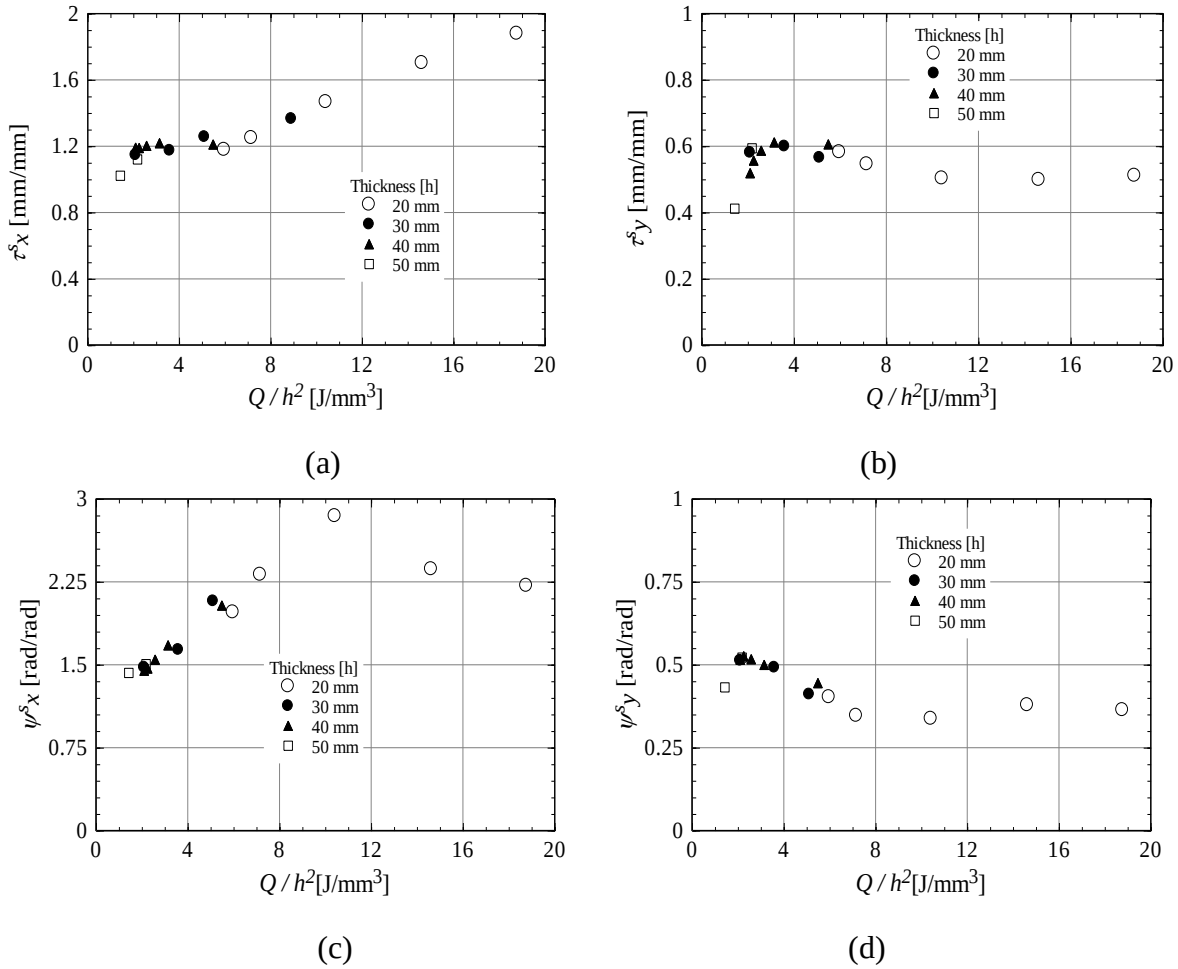


Figura 7 Relación entre el efecto en los extremos y el calor aplicado Q/h^2 al inicio de la línea de calentamiento,(a) Encogimiento longitudinal (b) Encogimiento transversal. (c) Deformación angular longitudinal y (d) deformación angular transversal.

3.1.2 Principales Características del Robot IHI-*α*

Las principales características de *IHI – α* las podemos simplificar como sigue:

1. Puede formar cualquier tipo de superficie tridimensional sin significante ayuda humana.
2. Única capaz de formar cualquier espesor de lamina
3. Puede formar diferentes materiales
4. Posee sistema de medición de errores que permiten al robot corregir hasta lograr una aproximación de 95% con referencia al objetivo
5. Alta velocidad de trabajo. Se reduce el tiempo de formado aproximadamente cuatro veces, reduciendo el costo y el tiempo de espera.

Conclusiones

Los principales logros productos de este trabajo fueron los siguientes:

1. Se logró predecir la deformación producida por líneas de calentamiento en placas metálicas gracias al modelo tridimensional de análisis termo-mecánico por medio de elementos finitos.
2. Una explicación detallada del efecto de borde de placa fue presentada y un nuevo método para el cálculo de este efecto fue dado.
3. La deformación causada por múltiples líneas de calentamiento fue clarificada y nuevos métodos fueron propuestos para predecir este tipo de deformación.
4. La deformación producida en placas de gran tamaño tales como aquellas utilizadas en los cascos de barcos fue clarificada.
5. La influencia de las propiedades físicas y mecánicas de los metales en la deformación fueron estudiadas y clarificadas.
6. La influencia de los esfuerzos residuales creados por los procesos de corte por ejemplo, fue clarificada.
7. La influencia de la curvatura inicial de la placa en la deformación final fue clarificada.
8. El efecto de la secuencia de calentamiento en la deformación final fue estudiada en detalles y métodos más eficientes fueron propuestos.
9. La influencia de los métodos de enfriamiento tales como aire, agua u otros fueron investigados y clarificados.
10. Finalmente un nuevo y más eficiente método fue creado para el análisis y predicción de la deformación causada por líneas de calentamiento.

Esto, sumado al aporte de otras personas que estuvieron ligadas al proyecto, permitió el desarrollo del primer robot capaz de formar una superficie tridimensional cualquiera con gran eficiencia, ahorrando costo, menos contaminante y reduciendo en gran medida el tiempo de construcción del buque.

Agradecimiento

Este trabajo no hubiese sido posible sin el aporte del gobierno japonés a través del programa MONBUKAGAKUSHO quienes desinteresadamente cubrieron todos los gastos de mis tres y medios años en que viví esta inolvidable experiencia. A ellos y muchos de mis buenos amigos que deje allá lejos les estaré eternamente agradecido.

Bibliografía

[1] Vega, A., Osawa, N., Tango, Y., Ishiyama, M., Serizawa, H., Rashed S., Murakawa H.: Effect of the Heating Model on the Prediction of Inherent Deformation of Plates Formed by Induction Heating. *Transactions of the 8th International Symposium of the Japan Welding Society (8WS)*, 2008.

[2] Vega, A., Rashed, S., Tango, Y., Ishiyama, M., Murakawa, H.: Analysis and prediction of multi-heating lines effect on plate forming by line heating. *CMES Journal: Computer Modeling in Engineering & Sciences, CMES*, Vol. 28, No. 1, pp. 1-14, 2008

[3] Vega, A., Rashed, S., Serizawa, H., Murakawa, H.: Analysis and Prediction of Overlapping Effect on Plate Forming by Line Heating. *Transactions of Asian Technical Exchanges and Advisory Meeting on Marine Structure (TEAM)*, 2008

[4] Vega, A., Rashed, S., Serizawa, H., Murakawa, H.: Influential Factors Affecting Inherent Deformation during Plate Forming by Line Heating (Report 3) – The Effect of crossed heating lines. *Transaction of International Society of Offshore and Polar Engineers (ISOPE)*. Vol. 4(pp. 301 - 308). 2008

[5] Vega, A., Tajima, Y., Rashed, S., Murakawa, H.: Influential Factors Affecting Inherent Deformation during Plate Forming by Line Heating (Report 2) – The Effect of a previous heating line. *Transactions of Asian Technical Exchanges and Advisory Meeting on Marine Structure (TEAM)*, (pp.187-194). 2007

[6] Vega, A., Rashed, S., Serizawa, H., Murakawa, H.: Influential Factors Affecting Inherent Deformation during Plate Forming by Line Heating (Report 1) – The Effect of Plate Size and Edge Effect, *Transactions of Joining and Welding Research Institute*, Vol.36, No. 2. 2007

[7] Vega, A., Tajima, Y., Rashed, S., Murakawa, H.: Numerical Study on Inherent Deformation of Thick Plates Undergoing Line heating. *Transactions of International Society of Offshore and Polar Engineers (ISOPE)*, Vol. 4(pp. 3472 - 3479). 2007

[8] Vega, A., Liang, W., Serizawa, H., Murakawa, H.: Numerical Study on Edge Effect in Transverse Shrinkage under Line Heating. *Transactions of Asian Technical Exchanges and Advisory Meeting on Marine Structure (TEAM)*, (pp.283-290), 2006

GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA DE LOS TANQUES DE LASTRE. UNA NECESIDAD MEDIO AMBIENTAL

Por:

***José Fernando Núñez Basáñez**. Doctor Ingeniero Naval. Catedrático de Universidad, Responsable del Area de Ingeniería de los Recursos Oceánicos (IRO). ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS NAVALES. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.e-mail: josefernando.nunez@upm.es*

***Juan Manuel Paíno Monsalve**. Ingeniero Naval, Director de ASTILLEROS ARMÓN-VIGO (GRUPO ARMÓN). E-mail: dirvigo@astillerosarmon.com*

RESÚMEN

En el mundo actual, dominado por la globalización, las distancias se hacen cada vez más cortas y hay una cierta tendencia hacia la homogeneización que afecta, no sólo al ámbito social o cultural, sino también al biológico, con sus desastrosas consecuencias ambientales. Un buen ejemplo es el de las múltiples especies que viajan como polizones en las aguas de lastre que estiban los buques mercantes cuando navegan sin carga, capaces de invadir un entorno que no les corresponde. **FAO** muestra su inquietud sobre el problema del agua de lastre, desde el punto de vista de ***introducciones involuntarias*** de especies dañinas en ecosistemas marinos y pesquerías que pueden tener consecuencias imprevisibles e irreversibles.

En primer lugar, en este trabajo se relacionan y describen los polizones más temidos en el agua de lastre, bien sean especies vegetales (algas y dinoflagelados), animales (mejillón cebra, medusas, cangrejos y peces) o bacterias (cólera). A continuación se realiza un rápido recorrido por la Normativa Legal, terminando en el análisis del Convenio de Londres de Febrero de 2004 para *el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques.* También en este trabajo se exponen los principales sistemas de tratamiento del agua de lastre: físicos, mecánicos y químicos.

Por último, se presenta la primera solución adoptada en España - en cumplimiento del Convenio de Londres - e instalada en el INTERMARES, Buque de Cooperación en Materia de Pesca para el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, cuya entrega, por parte de Astilleros ARMÓN-VIGO, está prevista en septiembre del presente año.

1. INTRODUCCIÓN

Los estudios realizados en varios países ponen de relieve que muchas especies de bacterias, plantas y animales pueden sobrevivir en el agua de laste y los sedimentos transportados por los buques incluso después de viajes de varias semanas. La descarga ulterior de agua de lastre o sedimentos en aguas de los Estados Rectores de puertos puede dar lugar al asentamiento de especies indeseadas susceptibles de alterar gravemente el equilibrio ecológico existente. Si bien se han descubierto otros medios de transferencia de organismos entre extensiones de mar geográficamente separadas, la descarga de agua de lastre de los buques parece ser uno de los más importantes. Los ecosistemas marinos sufren las consecuencias de este fenómeno que se traduce en la pérdida de su biodiversidad ocasionada, principalmente, por los "polizones" que viajan en el agua de lastre. La propagación de enfermedades puede deberse también a que las aguas de los Estados Rectores de puertos reciben grandes cantidades de agua de lastre que contiene virus o bacterias, constituyendo así una amenaza para la vida de los seres humanos, los animales y las plantas indígenas.

El problema de estos “pasajeros no deseados en los tanques de lastre” se ha convertido en los últimos tiempos en una cuestión de notable importancia y, según la Organización Marítima Internacional -Organismo perteneciente a las Naciones Unidas-, es el cuarto problema medioambiental que amenaza los océanos del planeta, dado que el tráfico internacional de buques se ha incrementado notablemente en las últimas décadas; y la tendencia continúa. Cálculos actuales estiman en más de 13.000 millones de litros el agua lastre que transporta anualmente la flota mercante en todo el mundo, arrastrando consigo piedras, sedimentos y hasta 7.000 especies diferentes, animales y vegetales, -según denuncia WWF/Adena-, recorren cada día miles de millas en el agua de lastre de los barcos y, con el deslastre, alcanzan un nuevo destino para el que se convertirán en una amenaza en potencia. Este problema ha ocasionado ya graves daños ambientales y socioeconómicos en todo el planeta y, en consecuencia, este trasiego se ha convertido en el mayor vector para la transferencia marina de organismos.

2. LOS POLIZONES MÁS TEMIDOS EN EL AGUA DE LASTRE.

Se pueden clasificar en tres grandes grupos: especies animales, especies vegetales y organismos patógenos (bacterias).

2.1. ESPECIES ANIMALES.

MOLUSCOS: MEJILLÓN CEBRA Y ALMEJA CHINA.

Una de sus primeras consecuencias de la invasión de polizones indeseables fue la llegada a Europa del **mejillón cebra** (*Dreissena polymorpha*) (Figura 1), un pequeño bivalvo de agua dulce –aunque también resiste aguas salobres- originario de la cuenca del mar Caspio. El mejillón cebra colonizó los muelles de Londres en los años veinte del siglo XIX, introducido por la navegación fluvial, y desde allí se extendió poco a poco por todo el continente. En 1988 fue visto por primera vez en América del Norte, en un pequeño lago de Detroit (Estados Unidos), detectándose, en esa fecha, una densidad de 200 ejemplares por metro cuadrado; al año siguiente la densidad aumentó hasta los 4.500 individuos por metro cuadrado en dicho lago, mientras que en otro lago alcanzó la cifra de 750.000 por metro cuadrado en pocos meses (Schloesser, Nalepa & Mackie, 1996) y, desde los Grandes Lagos, ha penetrado en diversos ríos norteamericanos de tal forma que el mejillón cebra ha infestado alrededor del 40% de los canales internos, siendo necesaria una inversión de casi 1000 millones USD en medidas de control entre 1989 y 2000.



- Figura 1. Ejemplares de mejillón cebra -

En el año 2001 Quercus publicó la aparición de esta especie en España, concretamente en el curso bajo del Ebro, seguramente a causa de una embarcación que traía aguas de lastre infestadas con larvas de mejillón cebra. Los primeros datos conocidos de la situación de esta especie en el Ebro, en septiembre de 2001, daban la cifra de unos 500 mejillones cebra por metro cuadrado (Altaba, Jiménez y López, 2001); al cabo de unos meses la densidad de sus poblaciones ha llegado a ser muy grave.

A pesar de su pequeño tamaño, este bivalvo provoca graves desequilibrios ecológicos porque, como es muy prolífico y se alimenta de fitoplancton, compite con ventaja frente a otras especies, cubriendo y tapizando todo el sustrato que encuentra a su paso (Figura 2):

lecho fluvial, cantos rodados y rocas, vegetación de ribera, conchas de bivalvos, obras hidráulicas de todo tipo, turbinas, desagües, depósitos, cascos, motores y anclas de embarcaciones, embarcaderos, industrias, centrales hidroeléctricas, plantas potabilizadoras de agua, presas, azudes, acequias y canales de riego, canales de entrada y salida de centrales energéticas, etc.; e incluso llega a obstruir totalmente cañerías, tuberías, conductos de irrigación y conducciones hidráulicas.



- Figura 2. Incrustaciones de mejillón cebra -

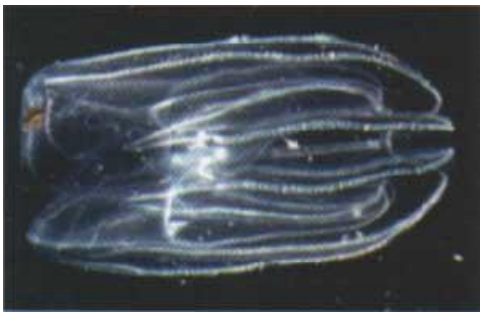
También en la cuenca del Ebro, se ha confirmado la presencia de **almeja china (*curbicula fluminea)*** en el Canal Imperial de Aragón desde el año 2006. Los ejemplares detectados tienen un tamaño en torno a dos centímetros, cuando la especie no suele pasar de cinco en los estadios de mayor desarrollo. Este molusco (Figura 3) es susceptible de provocar graves daños ambientales cuando coloniza un ecosistema acuático, ya que pone en peligro la existencia de otras especies al alterar la cadena alimentaria. También puede dañar las infraestructuras de los sistemas de abastecimiento y distribución de agua, aunque en menor medida que el mejillón cebra. La almeja asiática prefiere las superficies limosas a las duras para instalarse, por lo que es más frecuente encontrarla en los lechos de ríos, pantanos y canales que en infraestructuras como presas, tuberías y conductos de canales y centrales hidroeléctricas. Su ritmo de reproducción es también menor, aunque sus colonizaciones llegan a superar varios millares de ejemplares por metro cuadrado. Recientemente se ha establecido en el Pacífico estadounidense provocando la disminución del plancton y de diferentes especies de vida planctónica como larvas de crustáceos y peces.



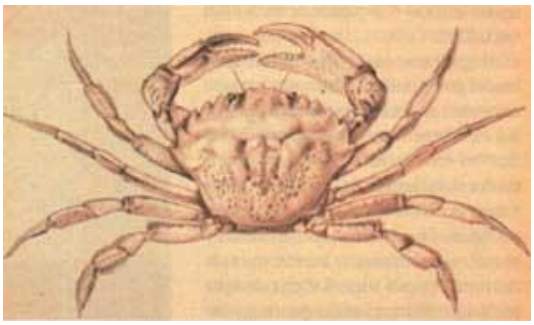
- Figura 3. Almeja china –

MEDUSAS, CANGREJOS Y OTROS POLIZONES

La **medusa (*Mnemiopsis leidyi*)** (Figura 4), es originaria de las costas occidentales del continente americano. La pesca excesiva y la contaminación han provocado el declive de sus principales depredadores, como el rodaballo, el pez azul y la foca monje. Debido a la introducción de esta medusa en el Mar Negro, donde ha alcanzado la densidad de 1kg de biomasa por m^2, la pesca en la antigua Unión Soviética ha caído de manera brusca desde las 250.000 hasta las 30.000 toneladas anuales. Prácticamente lo mismo ocurrió en Turquía, donde la medusa americana ha agotado la acción autóctona del plancton hasta tal punto que ha contribuido al derrumbamiento de la industria pesquera, de tal manera que entre mediados de los ochenta y principios de los noventa se perdieron aproximadamente 300 millones de dólares en ingresos pesqueros, con graves consecuencias económicas y sociales.



- Figura 4. Medusa americana -



- Figura 5. Cangrejo Verde Europeo -

El **cangrejo verde europeo (*carcinus maenas*)** (Figura 5) es un voraz crustáceo de unos ocho centímetros de longitud que ha sido introducido por las aguas de lastre en Hawai, ambas costas de estados Unidos, Panamá, Madagascar, el mar Rojo, la India, Australia y Tasmania. Es muy agresivo y se alimenta de todo aquello que pueda atrapar, vivo o muerto, en el fondo del mar. Incluso es capaz de abrir las conchas de muchos bivalvos con sus fuertes patas, lo que le convierte en un serio competidor de otras especies autóctonas.

Además, puede adaptarse a un rango muy amplio de condiciones ambientales y, sí tenemos en cuenta que sus larvas son capaces de sobrevivir más de ochenta días en el plancton, concluiremos que es un buen colonizador.

Otro intruso reciente es **la estrella de mar** (***Asteiras amurensis)***, originaria del Pacífico norte (China, Corea, Japón y Rusia). Tiene un diámetro de cincuenta centímetros y se reproduce con extrema rapidez, ya que las hembras adultas de mayor tamaño pueden llegar a producir hasta 19 millones de huevos entre junio y septiembre. Las larvas son capaces de permanecer más de noventa días en el agua. Se alimenta de una gran cantidad de moluscos, por lo que puede provocar graves alteraciones del ecosistema. Pese a que su área de distribución se encontraba limitado a aguas de entre 7 y 10ºC, actualmente resiste hasta los 22ºC.

Recientemente se ha introducido en el mar de Bering, en las costas del norte de Canadá y, sobre todo, en Tasmania, unas veces a través de las aguas de lastre y otras fijada al casco de los buques. Se cree que puede causar pérdidas cercanas a los 370 millones de dólares en la industria del mejillón y otros bivalvos, de los cuales se alimenta. Se teme que produzca daños en ascidias y otros organismos del fondo marino, sobre los que depositan los huevos muchos peces.

DOS PECES AGRESIVOS

El **gobio redondo** (***Neogobius melanostomus***) (Figura 6), proviene de las cuencas del Caspio y del Mar Negro y fue introducido accidentalmente, en primer lugar, en el Báltico y en los humedales del Este de Europa. Los gobios son peces extremadamente agresivos que compiten fieramente con otras especies por los lugares más apropiados para desovar. También tienen un sistema sensorial muy desarrollado que les permite detectar cualquier movimiento en el agua, lo que supone una gran ventaja pues pueden alimentarse en aguas turbias o sumidos en una total oscuridad. Este depredador de 12 cm de longitud, devora los huevos y las crías de cualquier otra especie presente en su hábitat, como: la perca, el lucio o la lubina. Al igual que otras especies invasoras, el gobio redondo cuenta con una enorme capacidad de reproducción y las hembras llegan a producir 5.000 huevos en los meses de verano. Su introducción accidental en los Grandes Lagos en 1990 ha supuesto un grave problema medioambiental, económico y social, especialmente en los puertos del área Duluth-Superior, donde apareció en 1995 causando enormes daños a la pesca y gigantescas pérdidas económicas.

Otra especie que también se introdujo en la zona de los Grandes Lagos hacia el año 1980 es la **acerina** (***Gymnocephalus cernuu***) (Figura 7), un pequeño pero agresivo pez originario de Eurasia y dotado asimismo de una alta capacidad reproductiva – las hembras pueden poner más de 200.000 huevos -. Puede vivir en condiciones ambientales muy diversas y, debido a su voracidad, fácil adaptación y rápido crecimiento, tiene graves efectos sobre la pesca comercial y deportiva, con toda su cohorte de consecuencias ambientales, económicas y sociales. Tanto es así que las autoridades consideran ilegal poseer una acerina, viva o muerta, en los estados de Michigan, Minnesota, Wisconsin y Ontario. Además, desde 1992 obligan a todos los buques que quieran entrar en los Grandes Lagos a que cambien las aguas de lastre más allá del límite de la zona económica y a una profundidad superior a los 2.000 metros . En caso contrario, deben someterse a un control a cargo del servicio de guardacostas de Estados Unidos.



- Figura 6. Gobio redondo –



- Figura 7. Acerina –

2.2. ESPECIES VEGETALES

ALGAS ASESINAS

Los antecedentes de las primeras invasiones se centran en la ***Odontella sinensis***, un alga asiática del plancton que se reproduce con extrema facilidad y que invadió el mar del Norte en 1903. Fue el primer registro de introdución de un alga por agua de lastre.

Posteriormente se detectaron otros casos similares en todo el mundo, como el de la llamada **alga asesina** (***Caulerpa taxifolia***) (Figura 8). Todo empezó en 1970, a raíz de ciertos experimentos llevados a cabo en Stuttgart para dotar de mayor resistencia y tamaño a la especie tropical originaria, con el propósito de obtener una variación genética que pudiera utilizarse para decorar acuarios. En 1984 el Museo Oceanográfico de Mónaco, que ya contaba en sus acuarios con la nueva variedad genética, introdujo el alga asesina en las costas francesas del Mediterráneo en un accidentado proceso de limpieza de

tanques. Entonces, comienza el desastre: la Riviera francesa, las costas italianas y las islas españolas, se ven invadidas por una nueva especie que todo lo arrasa a su paso. Más tarde, el fatal organismo comienza a extenderse hasta lugares tan remotos como Croacia. En muy poco tiempo llega a ocupar el fondo marino a lo largo de 3.300 ha de costa.



- Figura 8. "Alga Asesina" -

La ***Caulerpa*** siguió extendiéndose y, poco después, en 1992, alcanzó el litoral levantino español introducida en las aguas de lastre de los buques. En la actualidad el alga asesina constituye un serio problema ambiental, ya que a sus rápido crecimiento hay que sumar una gran capacidad para reproducirse y su resistencia a medios muy diversos. Todas estas características le permiten desarrollarse con velocidad y sustituir a otras especies autóctonas, como la **Posidonia** (***Posidonia ocenánica***), una fanerógama marina de aguas poco profundas, al tiempo que provoca la desaparición de otras muchas debido a las toxinas que produce, inocuas para el ser humano pero letales para multitud de organismos acuáticos, lo que impide que ningún fitófago mediterráneo pueda deshacerse de ella de forma natural. El empobrecimiento de las poblaciones a las que desplaza puede alcanzar un 75%, la mayoría de las algas indígenas entran en regresión y suelen desaparecer de la zona

El alga ***Undaria pinatifida*** también ha provocado invasiones importantes. Conocida popularmente como **alga Wakame**, es anual y tiene un ritmo de crecimiento desmesurado, que le lleva a alcanzar tamaños entre uno y tres metros. Además es muy prolífica, pues el número de esporas que libera puede llegar incluso a los cien millones. Originaria de Japón, donde se cultiva para uso gastronómico (ensaladas, sopas, guarniciones de pollo y pescado, condimento para arroces y vegetales…en el mundo se consumen anualmente 20.000 toneladas de Wakame), fue introducida de forma accidental

en las costas francesas en el año 1971. Desde entonces se han producido varias invasiones, como la de Argentina en 1992, donde llegó a través de las aguas de lastre de los buques procedentes de Corea.

DINOFLAGELADOS

Entre los polizones problemáticos que pueden introducirse con las aguas de lastre figuran también los **dinoflagelados**, un extenso grupo de protistas –fundamentalmente planctónicos- que pueden vivir tanto en aguas dulces como saladas. También producen potentes toxinas que, en algún caso, sí llegan a afectar a la salud humana. Estos organismos son los responsables de las *mareas rojas*, un fenómeno conocido desde tiempos remotos y que podría explicar el célebre relato bíblico que describe cómo las aguas del Nilo se teñían de sangre. Además, estas toxinas de los dinoflagelados se acumulan en peces y moluscos, con el consabido efecto sobre toda la cadena trófica. Por otro lado, una plaga de dinoflagelados puede provocar asimismo una disminución del oxígeno en el agua. Las plagas más peligrosas son las causadas por los géneros ***Gymnodinium*** **y** ***Alexandrium***, que han afectado a las costas de Noruega y el Reino Unido. Una de estas especies, ***Alexandrium minutum***, fue observada por primera vez en la costa occidental de Suecia y desde allí se extendió al mar del Norte, luego a la costa oriental de Estados Unidos y por fin a Australia y a Nueva Zelanda.

Otro **dinoflagelado** a tener en cuenta es ***Pfiesteria piscicida***, especie descubierta en 1988 por científicos de Carolina del Norte. Existen veinticuatro formas distintas de este microorganismo, algunas de las cuales producen una serie de toxinas inocuas para el ser humano, pero asociadas a lesiones y a mortandades de una gran cantidad de peces, como la que tuvo lugar en Carolina del Norte y en la bahía de Chesapeake tras haber sido introducida en las aguas de lastre.

2.3. ORGANISMOS PATÓGENOS

Ya en el terreno de la salud humana, otro grave problema es el causado por la **bacteria** ***Vibrio Cholerae***, responsable de la enfermedad del cólera. Esta bacteria produce una enterotoxina que origina diarreas, vómitos y una fuerte deshidratación, capaz de provocar incluso la muerte si no se aplica rápidamente el tratamiento adecuado. La mayor parte de los individuos infectados por el cólera no presentan síntomas de ningún tipo, aunque la bacteria puede permanecer en las heces por un período de tiempo que oscila entre los siete y los catorce días. Sólo un 10% desarrollan la enfermedad y padecen los típicos síntomas

de deshidratación. El cólera causa unas 120.000 muertes al año y en África hay 79 millones de personas que corren el riesgo de padecerlo. La bacteria puede sobrevivir en el agua durante largos periodos de tiempo, incluso cincuenta días cuando se asocia con algas o crustáceos marinos, lo que la convierte en una buena candidata al transporte en aguas de lastre. Entre 1991 y 1992 se localizó la presencia de *Vibrio Cholerae* en el agua de lastre de cinco cargueros atracados en Estados Unidos, concretamente en el golfo de México. Actualmente también se hacen controles en Australia para evitar la introducción accidental de esta peligrosa bacteria.

Otros patógenos habituales en las aguas de lastre son ***Escherichia coli***, ***Clostridium perfringins***, diversas especies de ***Salmonella*** y enterovirus

3. MARCO NORMATIVO

La posibilidad de que las descargas de agua de lastre causen daños se reconoció en la resolución 18 de la Conferencia internacional sobre contaminación del mar, 1973, de la que surgió el Convenio MARPOL. En la resolución 18 se pide a la Organización Mundial de la Salud que, en colaboración con la Organización Marítima Internacional realice trabajos de investigación acerca del papel que desempeña el agua de lastre como medio de propagación de bacterias causantes de enfermedades epidémicas. Desde esta fecha y a lo largo de los años, la OMI ha emitido diversas Directrices, cuyos extractos, en lo que se refiere a la gestión a bordo de las aguas de lastre, se presentan a continuación

3.1. ANEXO B. DIRECTRICES OMI 1994.

A fin de normalizar los métodos de prevención que deben adoptarse en la gestión del agua de lastre, OMI, emite las *Directrices para impedir la introducción de organismos acuáticos y agentes patógenos indeseados que pueda haber en el agua de lastre y los sedimentos descargados por los buques (OMI, 1994)*

Las Directrices tienen por objeto proporcionar a las Administraciones y a las autoridades de los Estados rectores de puertos orientación sobre procedimientos de control que reduzcan al mínimo el riesgo de la introducción de organismos acuáticos y agentes patógenos indeseados que pueda haber en el agua de lastre y los sedimentos de los buques. La elección de un procedimiento adecuado dependerá de varios factores, como los tipos de organismos que se quiera combatir, la gravedad de los riesgos, su aceptabilidad desde el punto de vista del medio ambiente y los costes económicos y ecológicos resultantes.

Interesa conocer los apartados (6 Y 7) que afectan al buque y a la gestión de agua de lastre.

3.2. LA RESOLUCIÓN A.868(20). Aprobada el 27 de noviembre de 1997

Desde el momento en que el agua de lastre ha supuesto un problema de dimensiones globales, la IMO trabaja sobre ello y es en 1997 cuando publicó las *Directrices para el control y la gestión del agua de lastre de los buques a fin de reducir al mínimo la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos* que, por el momento, eran medidas de carácter voluntario.

En el Capítulo 9 de las citadas Directrices, se dictan los procedimientos operacionales del buque

3.3. CONVENIO INTERNACIONAL PARA EL CONTROL Y LA GESTIÓN DEL AGUA DE LASTRE Y LOS SEDIMENTOS DE LOS BUQUES.

En la Conferencia Internacional sobre la gestión del agua de lastre de los buques, celebrada en Londres del 9 al 13 de febrero de 2004, se adoptó este Convenio que tiene como objeto evitar la introducción de organismos acuáticos perjudiciales en los ecosistemas marinos/costeros y así prevenir los efectos adversos que origina la propagación de dichos organismos a través del agua de lastre y sedimentos de los buques en el ecosistema receptor.

El Convenio abre dos posibles vías para dar una respuesta medioambientalmente aceptable: el intercambio de agua de lastre, de forma que aguas de lastre captadas en zonas profundas se viertan en zonas poco profundas y viceversa, lo que impide la supervivencia de microorganismos extraños; y, como segunda opción, el tratamiento a bordo de dicha agua de lastre, opción que será de aplicación a medio y largo plazo, cuando la tecnología disponible lo permita.

Además, el Convenio exige a todos los buques elaborar un plan de gestión de agua de lastre aprobado por la Administración competente de la bandera del buque. Dicho plan es específico para cada buque e incluye una descripción detallada de las acciones a ser tomadas para implantar las prescripciones sobre gestión del agua de lastre.

Los buques contarán también con un Libro registro de agua de lastre para registrar cada vez que se embarque agua de lastre. Los buques deberán ser inspeccionados y certificados y podrán ser inspeccionados por funcionarios debidamente autorizados por los Estados, los cuales podrán verificar que el buque posee un certificado válido; inspeccionar el libro de registro de agua de lastre y tomar muestras de dicha agua.

Movimientos de agua de lastre

Asimismo, hay que tener en cuenta que todos los buques que efectúen movimientos de agua de lastre deberán, siempre que sea posible, efectuar el intercambio de agua de lastre a 200 millas de la costa, al menos, y en una profundidad no inferior a 200 metros. En caso de no ser posible el cumplimiento de ambas condiciones, la distancia a la costa podrá reducirse hasta 50 millas marinas, manteniéndose la profundidad de 200 metros. El Convenio amplía los cometidos de inspección de buques, que en materia de seguridad y prevención de la contaminación se realizan en aplicación de los Convenios SOLAS (Convenio Internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, de 1974) y MARPOL (Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques, de 1973), de los que España es parte integrante.

4. TRATAMIENTO DEL AGUA DE LASTRE. TECNOLOGÍAS APLICABLES.

En vista de los graves problemas ambientales y sanitarios que pueden derivarse de las aguas de lastre, la Organización Marítima Internacional aconseja una serie de medidas para su tratamiento y control. El objetivo es lograr que toda la flota mundial esterilice las aguas de lastre en el plazo de unos pocos años. Además, pide a los gobiernos que impulsen medias urgentes para aplicar tales directrices y difundirlas en el sector naviero. Así todos los buques deberían ir provistos de un plan de gestión del agua de lastre específico, incluido en la documentación relativa a sus operaciones.

4.1. MÉTODOS TRADICIONALES

El tratamiento en sí de las aguas de lastre es un proceso muy variado, tanto por la forma y el lugar donde se realiza, como por el método utilizado. Las aguas podrían tratarse, por ejemplo, en el puerto de destino, aunque dado el enorme tráfico marítimo que surca hoy en día los mares sería inevitable acumular largos turnos de espera. La otra opción, más factible, es un tratamiento individualizado a bordo de cada buque, ya sea durante el trayecto o al llegar a puerto. También es posible que el buque cargue agua de lastre y la

suelte simultáneamente mientras navega, para evitar el transporte de organismos lejos de su lugar de captura, lo que se conoce como una operación de tratamiento específico, no constituye una solución al problema.

Dentro ya de los distintos tratamientos que se conocen para esterilizar el agua de mar podemos distinguir tres tipos fundamentales: físicos, mecánicos y químicos. Los tratamientos más extendidos se han reflejado en la Tabla I

TABLA I

TIPO DE TRATAMIENTO		
MECANICOS	**FÍSICOS**	**QUÍMICOS**
Filtración	**Tratamiento por Calor**	**Cloración**
Microfiltración	**Tratamiento por Frío**	**Cloraminas**
Filtración Granular	**Radiación Ultravioleta**	**Hipoclorito de Sodio/Calcio**
Sistemas de Separación	**Radiación Gamma**	**Iones metálicos**
Sistemas de Flujo Contínuo	**Ultrasonidos**	**Ozono**
Sistemas de Dilución	**Microondas**	**Peróxido de Hidrógeno**
Sedimentación y Flotación	**Cambios rápidos de presión**	**Desoxigenación**
Velocidad de Bombeo	**Corrientes eléctricas**	**Ajuste del pH y Salinidad**
Intercambio agua de lastre	**Campos Magnéticos**	**Empleo de Biocidas**

4.2. NUEVOS TRATAMIENTOS QUE ELIMINAN LOS ORGANISMOS SIN DEJAR RESIDUOS CONTAMINANTES.

En septiembre de 2007, el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España encargó a Astilleros Armón de Vigo la construcción de un Buque de Cooperación en Materia de Pesca, que se ha denominado ***INTERMARES*** (Figura 9). A poco de iniciada la construcción, se vio la necesidad de instalar un equipo para el tratamiento de agua de lastre, en cumplimiento del Convenio de Londres de 2004, dado que el buque está destinado a visitar numerosos países en los que el riesgo de incorporar organismos no deseados al agua de lastre es muy grande.



*- Figura 9. Buque **Intermares** -*

4.2.1. Justificación de la Instalación

Después de analizar las diferentes opciones que existían en el mercado, se ha optado por la instalación de un equipo, basado en tecnologías avanzadas de oxidación. Estos sistemas, más conocidos por sus siglas en inglés **AOT** (***Advanced Oxidation Technology***), se fundamentan en la eliminación de los organismos no deseados, mediante la producción de radicales, cuya vida es de milisegundos pero que es suficiente para romper la membrana celular de los microorganismos, destruyéndolos. Estos radicales se generan al hacer reaccionar catalizadores de dióxido de titanio mediante su exposición a los rayos ultravioleta.

Esta tecnología ya se ha utilizado con éxito en la autolimpieza de los cristales de rascacielos, siendo los propios rayos ultravioletas del sol - en lugar de generarlos con una lámpara - los que hacen el trabajo. Mediante esta tecnología puede reducirse la cantidad de organismos de más de 50 μm por debajo de 10 individuos por metro cúbico y los inferiores a este tamaño a 10 individuos por cada mililitro, que son los límites que exige IMO.

El motivo que llevó a la elección de esta tecnología no fue otro que la ausencia de cualquier tipo de sustancia química en el proceso. Esta circunstancia supone las siguientes ventajas:

- No se requiere almacenamiento, es decir se elimina la servidumbre de la instalación de un tanque o tanques en el buque, para los que, en algunos casos, podría ser incluso necesario un tratamiento especial de aislamiento por una fuga de dicha sustancia (que podría ser algún derivado de cloro) fuese peligrosa para la integridad física de la tripulación, en el caso de que la fuga superara una determinada concentración.

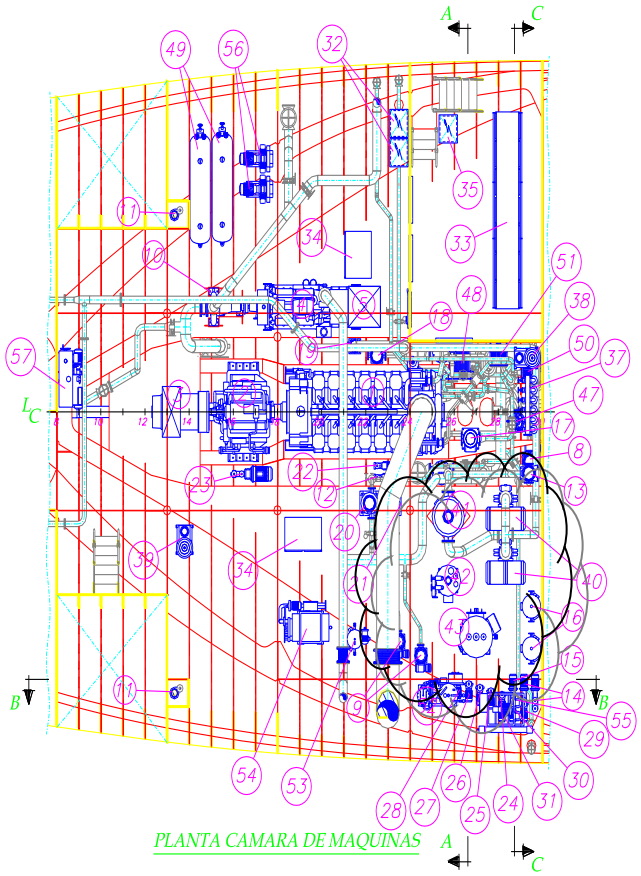
- Siempre que se utilizan sustancias químicas se está utilizando directamente el concepto de dosificación, que si no se hace en sus valores correctos tiene gran impacto, no sólo sobre el agua a tratar, sino también sobre la propia estructura del buque, pudiendo dañar la protección del tanque y posteriormente el mismo acero.

- Como es evidente, ese producto químico es fungible, por lo que se debe reponer cada cierto tiempo, pudiéndose producir, en determinados lugares, un fallo de suministro que, o bien retrasaría la salida del buque, o bien implicaría un tratamiento incorrecto.

- Como tal suministro, supone para el armador un desembolso económico periódico que afectaría a la cuenta de explotación del buque.

4.2.2. Instalación a bordo y esquemas de funcionamiento.

El equipo de tratamiento de agua de lastre debe integrarse en el sistema de lastre del buque, debiendo tener el menor empacho posible sin perjudicar por ello las labores de utilización y mantenimiento del mismo. En el ***INTERMARES*** se ha instalado en la zona de proa y a estribor de la cámara de máquinas, en la posición indicada con la nube en la disposición en planta de la Figura 10 y en la imagen de la Figura 11. En esta se pueden apreciar los principales elementos del equipo, que son: las unidades AOT, la unidad CIP y la unidad de filtraje.

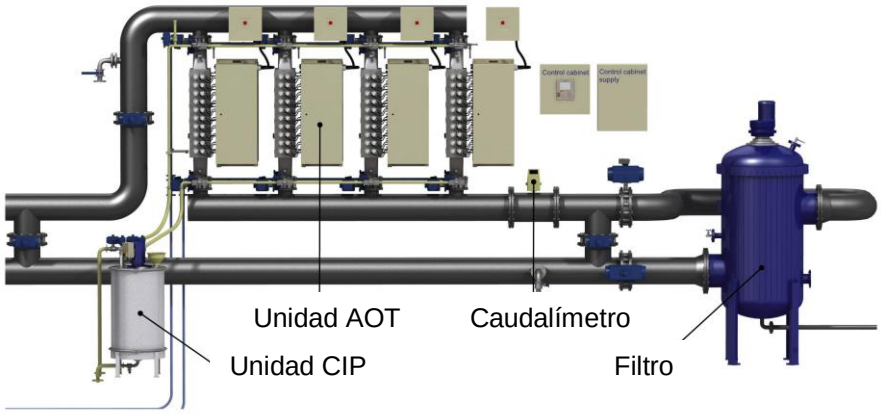


- *Figura 10*: *Disposición en planta del equipo de tratamiento de agua de lastre en el buque* ***Intermares***.-



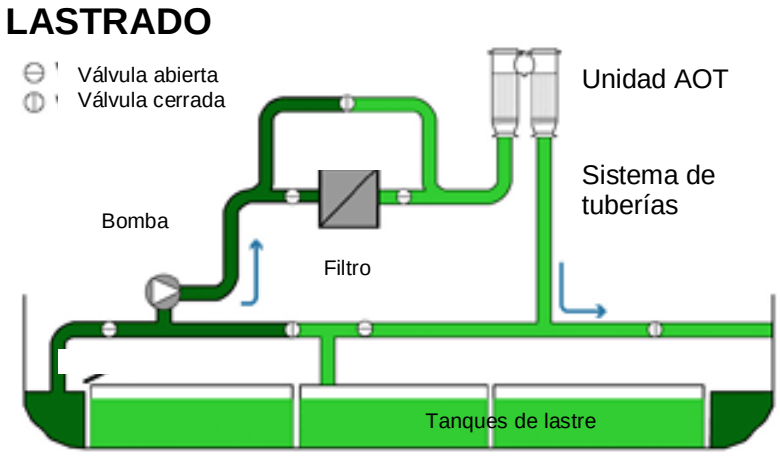
Figura 11. Instalación del sistema en cámara de máquinas -

Para completar el sistema de lastre con un equipo de tratamiento del agua es necesario añadir al equipo convencional formado por las bombas, eyectores o bombas de agotamiento y el resto de elementos de tubería (válvulas, cajas de fango, campanas de aspiración, etc), otros elementos, que en el equipo que nos ocupa básicamente son los ya mencionados: unidades AOT, unidad CIP y la unidad de filtraje, así como un serie de nuevos circuitos para llevar a cabo las diferentes fases requeridas para el correcto funcionamiento del equipo, que son: *limpieza por contraflujo,* tanto de la unidad AOT, unidad CIP y filtro, *refrigeración del reactor, drenaje del reactor y de la unidad CIP, extracción de muestras y sistema neumático de control de válvulas del equipo*. Dichos sistemas se reflejan en el esquema de la Figura 12.



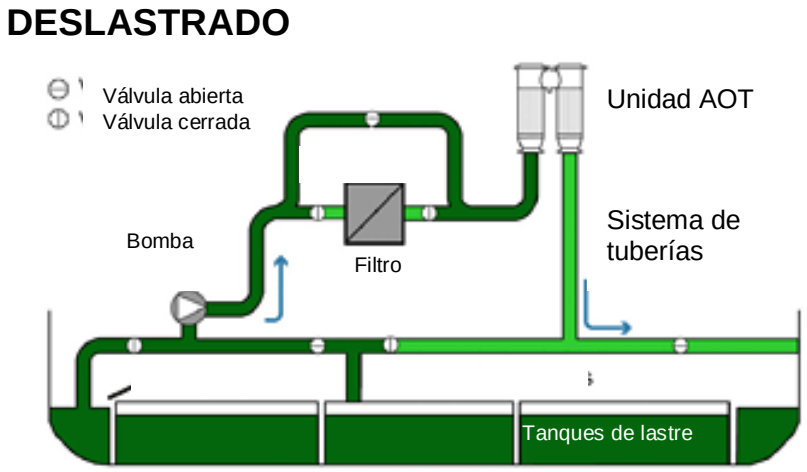
- *Figura 12*: *Disposición de elementos del equipo de tratamiento de agua de lastre-*

En el momento de lastrado se hace circular el agua de lastre por el filtro para eliminar las partículas superiores a 50 μm y posteriormente por las unidades AOT para eliminar los organismos. Dicho funcionamiento se recoge en la Figura 13.



- *Figura 13: Flujo del agua de lastre en el proceso de lastrado.-*

Al deslastrar se vuelve a hacer circular el agua por las unidades AOT para hacer desaparecer los organismos que se hayan podido generar en el viaje pero evitando el filtro de entrada para evitar la contaminación del lugar de deslastrado. El flujo del agua de lastre durante el deslastrado se recoge en la Figura 14 :



- Figura 14: Flujo del agua de lastre en el proceso de lastrado.-

Para el correcto funcionamiento del equipo se deberá atender a unos ciertos parámetros de diseño en cuanto a la presión, no pudiéndose lastrar con una presión inferior a 2 bar, pero no superior a 10 bar. Para ello, habrá que dimensionar el diámetro de la tubería de lastre en función del circuito, teniendo en cuenta las pérdidas de carga del mismo, así como las generadas por el equipo de tratamiento, por lo que se debe hacer un cálculo conjunto del sistema de lastre, incluyendo todos sus elementos.

La temperatura también es un factor importante, pues deberá estar comprendida entre 0ºC y 40ºC, no pudiéndose lastrar fuera de este rango. Es por ello que el uso de este sistema deberá cuestionarse en lugares donde el agua de mar esté fuera de estos valores, siendo bien cierto que son escasos en los diferentes océanos y mares.

Por último, se deberá tener en cuenta también la calidad del agua, pues las partículas en suspensión en la misma no deben superar las 500 μm en la entrada a los reactores, por lo que, previamente, se deberá filtrar adecuadamente.

5.- CONCLUSIONES

5.1. Al cargar el lastre se debe hacer todo lo posible para comprobar que sólo se toma agua de lastre limpia y reducir al mínimo los sedimentos embarcados con el agua. Siempre que sea posible, los buques procurarán no tomar agua de lastre en zonas de poco fondo o en las proximidades de zonas donde se estén efectuando operaciones de dragado, con el fin de reducir la probabilidad de que el agua contenga limo, que puede albergar esporas de organismos acuáticos y agentes patógenos indeseados. Las zonas que se sepa que están afectadas por enfermedades transmisibles por el agua de lastre, o en las que se estén dando brotes de fitoplancton, se deben evitar como fuente de agua de lastre.

5.2. Al determinar las estrategias adecuadas para los procedimientos de descarga del agua de lastre y los sedimentos, convendría tener en cuenta, entre otras cosas, los siguientes criterios:

- viabilidad operacional
- eficacia,
- seguridad de la gente del mar y del buque,
- aceptabilidad ecológica,
- control del agua y de los sedimentos,
- vigilancia, y
- rentabilidad.

5.3. A partir de Enero de 2009, según las Directrices del Convenio de Londres, los barcos que se construyan deberán cumplir con los estándares de tratamiento de agua de lastre. Todas las pruebas realizadas por el Norwegian Institute for Water Research (NIVA) confirman que el sistema elegido para el buque ***Intermares*** cumple con los estándares de descarga de la IMO.

5.4. Aunque la construcción del buque ***Intermares*** se inició en Septiembre de 2007 y, por lo tanto, no era obligatorio la incorporación del sistema presentado en este trabajo, la Administración Española consideró conveniente incluirlo dentro del equipamiento del buque siendo, en consecuencia, la primera unidad en la que ha sido montado en España.

5.5. Se estima que, en las circunstancias actuales de desarrollo tecnológico, estos sistemas de tratamiento del agua de lastre de nueva generación, basados fundamentalmente en procedimientos físicos como el que en este trabajo se presenta, son los más seguros y fiables para evitar el transporte y descarga de los temidos *polizones indeseables* descritos más arriba.

5.6. Parece más adecuada la incorporación a bordo de este tipo de sistemas que aquellos basados en procedimientos químicos, con agregaciones y almacenamientos de productos derivados de cloro y/o otros biocidas en los que, si se produce cualquier fuga, puede suponer un riesgo en cuanto a la seguridad de la tripulación y del propio buque.

6.- BIBLIOGRAFÍA.

6.1. ALFA LAVAL, "Manual de Utilización del Sistema Pure Ballast" 2009

6.2. Boletín NATURA 2000; "Especies Exóticas Invasoras". Comisión Europea, Bruselas. 2001.

6.3. CONVENIO INTERNACIONAL PARA EL CONTROL Y LA GESTIÓN DEL AGUA DE LASTRE Y LOS SEDIMENTOS DE LOS BUQUES. Londres, Febrero 2004.

6.4. HIDRITEC, Tecnología y Gestión de Recursos Hídricos; "Agua de Lastre". info@hidritec.com. 2007.

6.5. ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL:

- Convenio MARPOL
- Anexo B. Directrices OMI 1994
- Resolución A.868 (20). Aprobada el 27 de noviembre de 1997.

Construção Naval no Amazonas: proposições para o mercado

Autores:
Nadja Vanessa Miranda Lins, Mestre, UFAM – nvmlins@gmail.com
Luzia Raquel Queiroz Rodrigues, Graduada, UFAM – raquelqueiroz@ufam.edu.br
Nilson Rodrigues Barreiros, Doutor, UFAM - nilbarr@gmail.com
Waltair Vieira Machado, PhD- waltairmachado@ufam.edu.br

Palavras-chave: construção naval, Amazonas, mercado.

Sumário

Este estudo consiste em mostrar a informalidade e a formalidade da construção naval no Amazonas. Desenvolvido pela equipe de pesquisadores do projeto Transporte Hidroviário e Construção Naval na Amazônia (THECNA), como gestor a Universidade Federal do Amazonas (UFAM). A metodologia utilizada foi baseada em levantamento de quantitativos de estaleiros da região. Os resultados apresentados foram: estrutura da indústria naval na região, indicadores de eficiência da construção naval, análise da cadeia produtiva da construção naval em aço, análise da força de trabalho, do perfil de formação e das condições de trabalho. Com relação aos resultados acadêmicos, este trabalho pode ser considerado pioneiro na catalogação de informações pertinentes ao setor naval da região. Com relação a resultados no setor naval este trabalho trouxe uma unificação de informações e de atores (sindicatos, associações, instituições governamentais, donos de estaleiros e armadores) que já estão gerando ações para o fortalecimento do Pólo Naval na região Norte do Brasil.

Abstract

This article consists into showing traces of formality and informality of shipbuilding in the Amazon. Developed by THECNA (water transportation and Shipbuilding in the Amazon) and managed by UFAM. The methodology was based on quantitative survey of construction sites in the region. The results presented were: shipbuilding structure in the region; indicators of efficiency in the shipbuilding industry, analysis of the production chain of shipbuilding steel, analysis of the workforce, the profile of training and working conditions. Regarding to the

academic results, this work may be considered a pioneer in cataloging relevant information about the shipping area in our region. With the respect to the results for shipbuilding industry it has brought a unification of information and actors (unions, associations, government institutions, owners of shipyards and ship owners) that are already generating activities for the strengthening of the Naval Center in northern Brazil

1. Introdução

Trabalho desenvolvido pela equipe de pesquisadores do projeto Transporte Hidroviário e Construção Naval na Amazônia (THECNA), com gestão da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), financiado pela FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), é considerado o precursor da consolidação dos temas transporte, navegação e construção naval na região. Neste artigo iremos apresentar os resultados da linha de estudo relacionada ao setor naval no Amazonas em todos os seus aspectos relevantes.

2. Histórico da construção naval indígena

Inegável afirmar que os primeiros construtores navais da Amazônia foram os índios. Para Bittencourt (1957), nos primórdios, a canoa era o principal meio de transporte dos indígenas na Amazônia, nas quais as longas distâncias eram vencidas a remo. Os índios Mura percorriam em suas grandes flotilhas os rios Solimões, Madeira, Purus e Negro.

Os troncos que caiam nos rios e boiavam conforme as correntezas foram à inspiração das primeiras embarcações elaboradas pelos índios. O casco era uma embarcação feita da casca do tronco (Figura 1), moldada com as amarrações de cipó. Poderiam também ser construídas com um único tronco de árvore cavado a fogo ou machado. A correnteza, o remo e a força dos índios eram os recursos utilizados. Além disso, possuíam grande habilidade na navegação, pois conheciam bem esses caminhos.

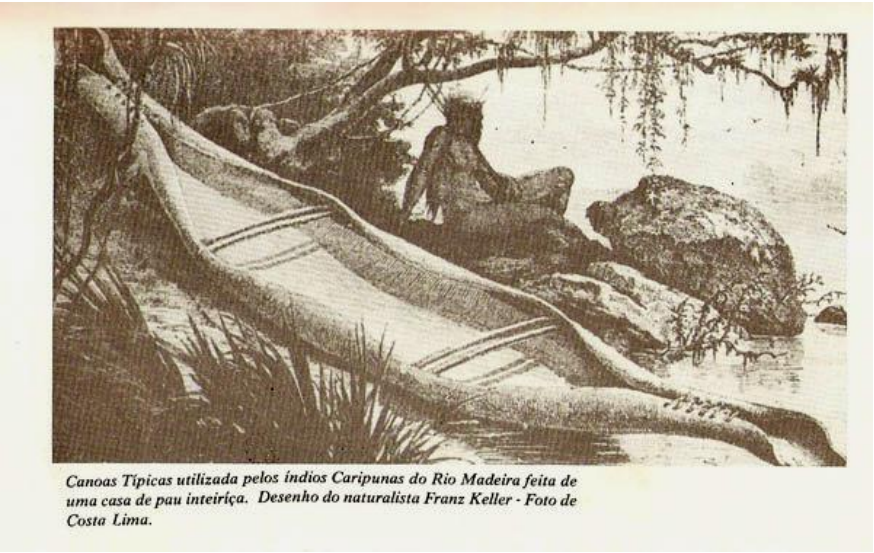


Figura 1 – Foto de embarcação típica indígena (fonte: Tipos e Utilidades dos Veículos de Transportes Fluviais do Amazonas – Moacir de Andrade - 1957)

Na atualidade, ainda se pode ver a capacidade inata do riberinho, no que tange a construção naval. Moacir Andrade (1957) declara que: "... todos os nativos são bons construtores de embarcações. Ouvi muitas vezes da boca de brancos, que um índio é carpinteiro e armador por intuição". Declaração que valida a cultura naval do caboclo.

3. Construção naval portuguesa

Nos tempos da navegação à vela, a transposição do Cabo Branco, na África, era praticamente impossível e perigoso. Assim os que vinham do Atlântico Norte, as rotas mais propícias das correntes eram as que levavam diretamente ao Atlântico Sul e ao litoral do Brasil, ou as que levavam ao Caribe e ao estuário do Rio Amazonas. Dois destinos que influenciaram consideravelmente o desenvolvimento do Brasil.

Em 1790, uma viagem do Rio de Janeiro para Lisboa durava noventa dias, de Belém a Lisboa trinta dias e entre o Rio de Janeiro e Belém podia durar até cinco meses, outro fator influenciador para o desconhecimento do norte de nosso país.

Por sua localização geográfica em relação à rota da Índia e a abundância de madeiras de boa qualidade, o Brasil foi logo contemplado com a instalação de estaleiros para reparos e manutenção das embarcações, declara Sivar Hoepner Ferreira, da Academia Paulistana de História, em seu trabalho intitulado "Nota sobre a Construção Naval no Brasil nos Séculos XVII e XVIII".

Em 1549, Tomé de Souza trouxe um grupo de profissionais especializados, tais como: mestres de construção, carpinteiros, calafetadores, ferreiros e profissionais aptos a ensinar, aos portugueses e mestiços que já habitavam no Brasil, a reparação e construção de embarcações em madeira. E no final deste século, na Bahia, na ocasião capital do Brasil, foi estabelecido o primeiro estaleiro, chamado de Ribeira das Naus, com uma planta, datada do século XVIII, que indicava um imponente conjunto de construções, aproximadamente 300.000 m^2 de área, na qual incluíam-se as carreiras, oficinas, depósitos, quartéis e caldeira (bacia fechada).

Em 1663, quando a Capital do Brasil era no Rio de Janeiro, criou-se o Arsenal da Marinha do Rio de Janeiro, sendo o São Sebastião foi primeiro navio construído, uma nau de grande porte, lançada ao mar em 1767, equivalente as naus inglesas da época.

Outros arsenais da Marinha foram organizados pelo governo português e em Belém do Pará, por sua abundância em madeira, logo se tornou importante centro de construção naval na Região Norte.

Na sua visão regional, Samuel Benchimol (1995), importante historiador do Amazonas, em seu trabalho "Navegação e Transporte da Amazônia", relata a influência do transporte fluvial no desenvolvimento do Amazonas, reforçando que o ciclo da borracha foi fundamental para os investimentos na construção de infra-estrutura de portos e na compra de embarcações que partindo de Belém e Manaus, percorriam quase todos os rios da região, viabilizando a produção regional.

Por subsídios do governo brasileiro, muitas embarcações foram compradas nos estaleiros da Inglaterra, Alemanha, França, Holanda, Dinamarca e Estados Unidos e as menores lanchas, batelões e alvarengas, eram montados e construídos nos estaleiros de Belém, Manaus, Santarém e outras cidades do interior, onde havia artesãos e carpinteiros navais de excelente habilidade para construir os chamados "barcos regionais" ou "motores de linha e recreio" (Figura 2).



Figura 2 –Estaleiro de reparos (Fonte: Centro Cultural povos da Amazônia)

Construção Naval no Amazonas: proposições para o mercado

A segunda grande guerra, em 1945, mostrou ao mundo ocidental a utilização de grandes barcaças inteiramente de ferro e aço como transporte fluvial eficiente. Mas foi com o advento do petróleo e o conseqüente desenvolvimento comercial e industrial, principalmente, aeroviário e rodoviário, que trouxe o declínio aos vapores, chatinhas, gaiolas e vaticanos, embarcações que utilizavam os seus porões exclusivamente provisões de carvão e lenha para as suas viagens, tornando-se anti-econômicas ao longo dos anos. Fatos estes fizeram um divisor de águas no transporte fluvial e, consequemente, para a indústria da construção naval.

Nos idos de 70, com a instalação dos estaleiros navais na Amazônia, começaram a aparecer em Manaus balsas utilizadas para transporte de cargas e pessoas. Tais embarcações totalmente construídas em ferro e divididas em compartimentos estanques dificultavam os freqüentes afundamentos por furos, provocados por abalroamentos em pedras submersas ou troncos.

As antigas embarcações foram substituídas, paulatinamente, por empurradores, cargueiros, balsas de derivados de petróleo, rô-rô caboclo para o transporte de cargas (isto é, balsa que transporta carreta e o container nos transportes rodo-fluvial). E para o atendimento aos passageiros continuaram as lanchas, motores de recreio e barcos regionais e, em alguns trechos, as balsas.

Na atualidade, a construção naval na Amazônia se configura em dois setores bem distintos, os formais e os informais. Os estaleiros formais constroem quase que exclusivamente em aço, alumínio e fibra, de todos os portes, com o diferencial na infra-estrutura que possuem. Já os estaleiros informais que constroem artesanalmente em madeira, possuem total informalidade, porém especial habilidade na construção das embarcações artesanais com notório reconhecimento internacional.

A indústria naval tradicional amazônica é aquela que tem como produto principal as embarcações regionais as quais transportam cargas e passageiros, construídos com matérias-primas oriundas da Floresta Amazônica.

A indústria naval formal na Amazônia contempla, atualmente, uma adequação às necessidades do mercado, das tecnologias, da mão-de-obra e do meio ambiente, sendo promissora a sua participação no mercado da construção tanto de embarcações de transporte

misto, quanto de transporte de cargas e de turismo. Além desta, a indústria naval informal, em sua maioria de reparos e manutenções navais, pode ser considerada a maior no setor no Brasil.

4. Metodologia

A equipe, primeiramente contratou a empresa terceirizada, para que fizesse um levantamento dos estaleiros situados no Estado do Amazonas, totalizando setenta estaleiros no Amazonas (anexo 1). Posteriormente, por questões de viabilidade, geográfica e financeira, foram visitados e pesquisados quinze estaleiros no Amazonas e, para comparação regional, dois em Belém (anexo 1- os marcados em amarelo).

A forma encontrada de obter informações foram através de visitas nos estaleiros, nos quais os pesquisadores aplicavam o questionário de Construção Naval, faziam observações e os fotografavam, apontando observações consideradas pertinentes.

Em agosto de 2006, foi iniciada a pesquisa com o Estaleiro Simbad, em Manaus. E, posteriormente, as pesquisas em todos os demais. Em seguida, foram lançadas as respostas no Banco de Dados. E finalmente, foi realizado o relatório final em comparação a informação disponível sobre o setor.

Valendo informar que é escassa a bibliografia da construção naval na Amazônia.

5. Situação geográfica

O Amazonas com 1.564.445km^2 é o estado com maior área territorial no Brasil, com 62 municípios, possui fronteira com a Venezuela e Colômbia, pelo município de São Gabriel da Cachoeira e fronteira com Peru e Colômbia com o município de Tabatinga.

A cidade de Manaus com 14.337 km^2 está localizada estrategicamente no Rio Amazonas, garantindo a soberania brasileira nestas águas.

A bacia hidrográfica Amazônica com área superior a 6,5milhões km^2, possui, aproximadamente 1.100 rios, sendo o rio Amazonas, o maior rio do mundo em extensão e volume d'água. De acordo com Peixoto e Peixoto (2005): extensão 7.100km, largura máxima 13km (próximo ao Xingu, no entanto, pode passar dos 50km nas cheias), profundidade máxima de 50m em Óbidos no Pará, vazão média de 180mihões de litros por segundo, com 7000 afluentes.

A situação geográfica deste Estado foi um dos fatores que levaram a definir a prioridade da abrangência da pesquisa.

6. Resultados da pesquisa

6.1 Estrutura da indústria naval no Amazonas

O Amazonas possui necessidade e aptidão para o setor naval, quantitativamente, é considerado o Estado com maior número de estaleiros de manutenção e reparos, aproximadamente 400 estaleiros, carreiras e oficinas navais.

Em Manaus, encontram-se os estaleiros formais (Figura 3), com grandes investimentos e que possuem foco na fabricação de embarcações em aço (balsas, empurradores, rebocadores), capazes de atender o mercado nacional e internacional, mas também não deixam de realizar reparos e manutenções caso seja solicitado pelos armadores. Também, em Manaus, encontram-se estaleiros com menores investimentos mas capacitados a fabricar embarcações em aço, no entanto o foco é na manutenção e reparo das embarcações em madeira (barcos de recreio). Outro importante nicho de mercado são os estaleiros que fabricam lanchas em alumínio (voadeiras).



Figura 3 – estaleiro de Manaus (Fonte: THECNA)

No interior do Amazonas, no caso pesquisado em Novo Airão e Parintins, a madeira é o insumo principal, estas carreiras ou oficinas navais, além de fabricarem embarcações também por necessidade do mercado fabricam móveis quando solicitados pelos clientes (Figura 3). As embarcações possuem identidade, quer dizer, é possível reconhecer o carpinteiro naval que a construiu pelas suas características arquitetônicas. Graças a esta característica já existe um trabalho em andamento para tornar a forma de construir a embarcação de madeira no Amazonas, patrimônio imaterial. Estes carpinteiros não utilizam projeto para a execução da embarcação. No entanto, ocorre serem necessárias adequações para se classificarem na Capitania dos Portos. Outro item interessante é que o abridor de letras, pessoa responsável em desenhar o nome da embarcação, utiliza um tipografia inconfundível e diferenciado, também deve ser tratada como patrimônio cultural.



Figura 4 – Estaleiro de Parintins (Fonte: THECNA)

Os estaleiros do interior, Novo Airão e Parintins, são familiares, de pequeno porte, se localizam no terreno residencial, a técnica dos construtores navais é adquirida dos antepassados. Constroem embarcações, no entanto, tem mais demanda de reforma, que tende a durar 30 dias para ser executada.

O maquinário é simples, basicamente, carreira, máquina de corte, defrizadora e guincho. E as ferramentas manuais que eles utilizam são: plaina de desengrosso, plaina desempenadeira, tupias, torno de bancada, serra circular de bancada, amolador de facas, compressor, motoserra, serra, lixadeira manual, furadeira manual, furadeira elétrica, serrote, enxó, grampo e sargento(estrutura metálica utilizada pra unir tabuas para serem cortadas).

A mão-de-obra é mínima e agregam mais pessoas quando necessário. O nível educacional é precário e a utilização de equipamentos de segurança nem é vista ainda como valor. Nos estaleiros artesanais não existem projetistas, todas as embarcações são idealizadas pelo encomendante ou armador e construídas de acordo com o conhecimento do carpinteiro naval.

Os tipos de embarcações construídas nos estaleiros visitados são: barco de carga, barco de passageiros, barcos misto (carga e passageiros), empurradores, rebocadores, barco hospital, barco escola, lanchas, canoas e batelões (tipo de embarcação considerada de pequeno porte, contendo uma pequena cobertura geralmente feita de lona ou zinco, muito utilizado no transporte de passageiros e de pouca quantidade de cargas).

Os resíduos de madeira são utilizados para fazer fogo que para moldar a curvatura das madeiras utilizadas em acabamentos e na calafetagem do casco e os que não são reutilizados são doados para panificadoras onde servem de carvão, para as movelarias para reforma de móveis, e para o artesanato.

Os estaleiros pesquisados têm em média de 30 a 40 anos de existência.

Os estaleiros de madeira sofrem com dois problemas: o primeiro consiste no difícil acesso a verba oferecida pelas instituições de financiamento, porque este dinheiro é direcionado a estaleiros que trabalham com aço, alumínio e ferro o segundo problema está relacionado a conflito com órgãos de proteção ambiental como o IBAMA (Instituto Brasileiro do meio Ambiente e dos Recursos Renováveis) e IPAAM (Instituto de proteção Ambiental do Amazonas) que alegam ausência de plano de manejo florestal por parte dos Estaleiros e por este motivo, cada vez mais escasseia a quantidade de madeiras nobres da região amazônica, tais como: a ITAUBA, o CUMARU e a SUCUPIRA-AMARELA.

6.2 Indicadores de eficiência da construção naval em aço no Amazonas

De acordo com relatório da First Marine International realizado para a Comunidade Européia no ano de 2003, “a medição da capacidade na construção naval é difícil e geralmente subjetiva. Nenhuma avaliação definitiva foi produzida com sucesso, e na verdade, há dúvidas que tal avaliação possa existir”. O relatório afirma ainda: “Pela complexidade dos fatores determinantes (da capacidade), é impossível colocar um número na capacidade de produção naval global. As estimativas são baseadas em saídas, ao invés de capacidade”.

Neste mesmo trabalho, descreve que atualmente, no mercado naval existem três métodos correntemente utilizados para a determinação do potencial produtivo dos estaleiros: Método de Capacidade de Clarkson Research - é o método mais utilizado atualmente, e define a capacidade produtiva como a maior produção alcançada ao longo dos últimos quinze anos; Capacidade baseado nos dados históricos - a produtividade é definida como a produção dividida pela quantidade dos ativos utilizados, CGT/m² de dique; e Capacidade baseada pelo Bechmarking de Produtividade – as variáveis podem ser os volumes de vendas, a maior quantidade de mão-de-obra e mais equipamentos e gestão mais eficiente de ativos.

TABELA DE DADOS DE ALGUNS ESTALEIROS DE MANAUS E BELÉM

A1 - **Nome**:	A3 - **Área Total**:	A4 - **Ano de Registro**:	A5 - **Quantidade de Funcionários**:	A9 - **Qual a quantidade de obras já realizadas?**
Estaleiro Rio Negro - ERIN	60.000 m²	1968	170 do novo + 350 do antigo	Casco - 1786 ~ 1700
Estaleiro Rio Amazonas - ERAM	29.441,62 m²	1998	200 chegando a 400 em caso de obras (terceiros)	Und. 47 - Balsa Petroleira 35 a 40 un (2000 a 2500 m³) / Terminais 6 um (30 m) / Ferry Boat 1 (4 m)
Estaleiro F. BARBOSA	125.000 m²	Não informado	130 funcionários	Cascos - 54
Estaleiro SÃO JOÃO	55.000 m²	1937	60 + chegando a 350 em caso de obras (terceiros)	Cascos de aço 600
LIAA - Telenáutica Indust. e Com. LTDA	60.000 m²	1997	15 + chegando a 80 no caso de obras (terceiros)	70 barcos (malária), 1000 canoas peq., 8 balsas (30 a 40 m), 10 barcos
Estaleiro RIO MAGUARI	120.000 m²	1982	Fixo 80 ~ 250 (max. 400)	Casco - 236
ETN - Empresa Técnica Nacional S/A	35.000 m²	1981	148 (cap. Total até 600)	Casco - 528

Fonte: THECNA (2008).

O Rio Maguari e ETN são estaleiros de Belém e estão nos dados com efeito comparativo para esta pesquisa.

Com relação às saídas a maioria dimensiona sua capacidade em quantidades de cascos já construídos, como mostrado, o ERIN aparece com uma grande vantagem em relação aos demais.

Com relação ao tempo de mercado e área produtiva: verificou-se que o estaleiro São João configura como o mais antigo em atividade sem interrupção, não somente no Amazonas, mas também no Brasil. Seguido do Estaleiro ERIN fundado na década de 70.

Com relação a tipos de construção: a maioria dos estaleiros pesquisados de Manaus e Belém está habilitada a construir empurradores, rebocadores, cargueiros, balsas, flutuantes, tanques de gás (petroleiros). Somente os estaleiros de Manaus estão fazendo portos flutuantes e os de Belém estão fazendo terminais pesqueiros e graneleiros. O estaleiro F. Barbosa e o

Estaleiro São João não focam a construção de embarcações para pesca, para passageiros e para passageiros e cargas.

Em relação à mão-de-obra, o ETN possui maior capacidade de absorção de mão-de-obra, fixa e terceirizada, chegando perto de 600 funcionários. No entanto, a maioria dos estaleiros utiliza terceirização para atendimento a demanda por construção de embarcações. Um dos pontos destacados por todos os Estaleiros de Manaus e Belém é a dificuldade em conseguir mão-de-obra especializada, lacuna esta que deverá ser preenchida por escolas técnicas, parcerias com o SESI, SENAI para a formação, principalmente dos técnicos. Um exemplo nos estaleiros são os soldadores; aprendem a sua função no convívio com os colegas de trabalho, trazendo retrabalho, desperdício e perigo na condução dos equipamentos. Todos possuem equipe de projeto ou terceirização esta atividade. Atualizam-se e coletam informações lendo as seguintes revistas: NEI, Maritime, Portos e Navios, Log(Inglesa), SNAME, catálogos de fornecedores, Revista Náutica, Professional Boat Builder Work Boat, Sernaval, Jornal do Brasil e Folha de São Paulo.

Com relação as instalações possuem: carreiras, oficina mecânica, tornearia, marcenaria, e em Manaus, somente o ERIN possui galpão, no caso a carreira 6, com área total de 60.000m^2, sendo 30.130m^2 construídos, possui filial em Belém, denominado de ERIG (Estaleiro Rio Guajará).

Com relação aos equipamentos os estaleiros possuem: Pá carregadeira 20t; pá mecânica, cabrea; Empilhadeiras; Tratores, guindastes sobre rodas de até 20t; grua ; guindastes de 150t; linha de tratamento de automático de aço; guilhotinas; máquina de policorte (chapas até 5/16 polegada); dobradeira (prensa hidráulica – 1200 t – 2 pol); frisadeiras; ponte rolante (capacidade 70t desmontada); máquinas de solda (20 MIG e 230 elétrica); calandra (3m); torno; furadeira radial, empurradores, balsas e botes para auxílio; Guincho de docagem capacidade de 1000 ton, Máquinas de corte CNC (com plasma e oxi-acetileno).

Atualmente todos possuem encomendas em carteira e possuem planos de melhoria nas suas plantas industriais.

Com relação a cadeia produtiva da construção naval em aço, atualmente (2007), o preço de mercado em Manaus é de R$ 2,00 a R$2,10/kg, chegando aos melhores preços R$

1,80 a R$ 1,90/kg. Vale ressaltar que mesmo o Brasil produzindo e exportando aço, os preços do aço praticados no exterior são 30% mais baratos do que são vendidos internamente. As principais fornecedoras de aço para Manaus, no caso de aquisição em grande quantidade são a COSIPA e a USIMINAS, ambas pertencentes ao mesmo grupo. Para a compra do aço, o estaleiro efetua o pagamento antecipado, isto é, no ato do pedido. Em relação à sazonalidade, dependendo da época do ano, encontra-se no mercado somente o aço no tamanho 1,5 x 6m e 1,0 x 6m, o qual é vendido mais barato por quilo. No entanto, devido a estas dimensões, faz-se mais solda, deixando a peça mais vulnerável a falhas. Tudo isto é visto com mais critério pelos estaleiros, pois, conseqüentemente, têm-se o acréscimo de tempo e da mão-de-obra nas atividades de soldagem e de inspeção. As classificadoras existentes em Manaus, ABS (American Bureau of Shipping), BV (Bureau Veritas), BC (Bureau Colombo) e a RBNA são as mais utilizadas pelos armadores dos estaleiros de Manaus/AM. Empresas pelas quais atestam também a qualidade do aço empregado na construção naval.

7. Conclusão

Com relação aos resultados acadêmicos, este trabalho pode ser considerado pioneiro na catalogação de informações pertinentes ao setor naval da região.

Com relação a resultados no setor naval este trabalho trouxe uma unificação de informações e de atores (sindicatos, associações, instituições governamentais, donos de estaleiros e armadores) que já estão gerando ações para o fortalecimento do Pólo Naval na região Norte do Brasil (Figura 5).



Figura 5 – Embarcação fabricada no Amazonas (Fonte: Jornal A crítica – 2008)

A maioria dos estaleiros foi criada a partir da década de 70 e 80, no entanto, o Estaleiro São João, criado em 1937, é atualmente o mais antigo estaleiro em atividade na Amazônia. O Estaleiro Rio Negro, mais conhecido como ERIN é o que possui maior capacidade produtiva e pessoal contratado na Amazônia. O Estaleiro Rio Amazonas, conhecido como ERAM, é um estaleiro bastante flexível, embora tenha iniciado somente realizando reparos e manutenção, hoje, está habilitado também à construção de embarcações e terminais de grande porte. O estaleiro F. Barbosa é o que mais se preocupa com qualidade aplicada aos funcionários, beneficiando-os com o projeto Vitamina C e o de ginástica laboral, além dos treinamentos de segurança comum, o qual foi citado por todos os outros estaleiros pesquisados. O Estaleiro Rio Maguari é o que possui maior automação do processo produtivo, pois desde o projeto até o corte das chapas de aço, possui controle nas atividades, tendo como diferencial mão-de-obra especializada e entrega em menor prazo.

8. Proposições

A principal proposição deste trabalho é fortalecer os estaleiros formais e regularizar os estaleiros informais, para que todos possam ter acesso a investimentos e tecnologias destinados a esta categoria. Em conseqüência, será necessário também a criação de escola de formação de técnicos dos setores da construção naval, que trará segurança e confiabilidade aos empregados e empregadores.

O fortalecimento do Polo Naval é considerada a principal proposição, conforme mostram os dados da tabela abaixo.

Empresas com projetos aprovados pela SUFRAMA (Superintendência da Zona Franca de Manaus) - Polo Naval no Amazonas

Ano	QTDE	FATURAMENTO (US$)			FAT. TOTAL (US$)	MÃO DE OBRA
		LOCAL	NACIONAL	EXTERIOR		
2006	6	31.308.855	8.906.310	22.248	40.237.413	526
2007	6	22.375.084	36.691.454	24.182	59.090.720	736
2008	5	38.417.760	22.956.553	3.924	61.378.237	717
2009 (*)	6	5.635.896	7.129.579	0	12.765.475	755

Fonte: SUFRAMA (junho/2009)

O Polo Naval possui em 2009, 0,28% de participação no faturamento do Polo Industrial de Manaus (Fonte: SUFRAMA/COISE – março/2009), sendo o setor eletro/eletrônico 32,11% e o de duas rodas de 21,23%. Das empresas que tiveram seus projetos aprovados: 45% da mão de obra empregada tem remuneração entre 2 a 4 salários-

mínimos; 37% da mão-de-obra empregada é terceirizada; 43% dos estaleiros empregam mão-de-obra feminina; e despendeu em 2008 mais de US$ 4 milhões com encargos e benefícios sociais.

Um dos grandes alavancadores para este Polo Naval será a renovação da frota de embarcações mistas e pesqueiras, e o incremento turístico oriundo de Manaus ser uma das cidades sede da Copa 2014.

8.1 Referências:

ANDRADE, Moacir - *Tipos e Utilidades dos Veículos de Transportes Fluviais do Amazonas*, Manaus. Ed. Impressa Oficial do Estado do Amazonas, 1983.

BENCHIMOL, Samuel - *Navegação e Transporte na Amazônia*, Manaus/AM. Edição Reprográfica, 1995.

BITTENCOURT, Agnello - *Bacia Amazônica: Vias de Comunicação e Meios de Transporte*. Rio de Janeiro. Ed. ACA, 1957.

PEIXOTO, Ana Maria Souza e PEIXOTO, Roberto – Noções de geografia: naturalmente Amazonas. Belo Horizonte. Ed. Lê, 1995.

THECNA – Transporte Hidroviário e Construção Naval – Relatório sobre Construção Naval. Manaus, 2008. http://www.thecna.ufam.edu.br

FERREIRA, Sivar Hoepner - Nota sobre a Construção Naval no Brasil nos Séculos XVII e XVIII – Academia Paulistana de história - www.hottopos.com/videtur2/sivar.htm

http://www.povosdamazonia.am.gov.br/prg_042.jsp?input=83

www.suframa.gov.br

www.firstmarine.co.uk

www.acritica.com.br

ANEXO 1 – Tabela de estaleiros catalogados em Manaus e Belém (2007), estão destacados em amarelo os estaleiros visitados e pesquisados pela equipe (Fonte: THECNA).

#	Cidade / Estado	Nome do estaleiro
1	Belém /PA	Estaleiro ETN
2	Belém /PA	Estaleiro Rio Maguari
3	Iranduba / AM	Estaleiro Coelho
4	Iranduba / AM	Estaleiro Irmao Bandeira
5	Itacoatiara / AM	F. M. P. Cordovil
6	Itacoatiara / AM	J. R. M. da Silva
7	Itacoatiara / AM	Oficina Cometa Halley
8	Itacoatiara / AM	Oficina Irmãos Andrade
9	Itacoatiara / AM	Oficina Naval São Sebastião
10	Manacapuru / AM	Estaleiro a Paz do Senhor
11	Manacapuru / AM	Estaleiro Bons Amigos
12	Manacapuru / AM	Estaleiro Carreira Balbi
13	Manacapuru / AM	Estaleiro da Econômia
14	Manacapuru / AM	Estaleiro do Lago do Miriti
15	Manacapuru / AM	Estaleiro do Lorival
16	Manacapuru / AM	Estaleiro do Miriti
17	Manacapuru / AM	Estaleiro Pinheiro
18	Manacapuru / AM	Estaleiro São Francisco
19	Manacapuru / AM	Estaleiro São José
20	Manaus / AM	Alcimar da Silva Mota - Estaleiro do Bibi
21	Manaus / AM	Amazonia Boat Ltda
22	Manaus / AM	Aturiá Canoas e Lanchas Ltda.
23	Manaus / AM	Carreira 3 Irmãos
24	Manaus / AM	Carreira Bons Amigos
25	Manaus / AM	Carreira Roraima
26	Manaus / AM	Columi Estaleiro E Navegação Ltda.
27	Manaus / AM	Erin - Estaleiros Rio Negro Ltda
28	Manaus / AM	Estaleiro Cruzeiro Ltda
29	Manaus / AM	Estaleiro Curupira
30	Manaus / AM	Estaleiro do Norte
31	Manaus / AM	Estaleiro e Mecânica SEFFGLE
32	Manaus / AM	Estaleiro F. Barbosa
33	Manaus / AM	Estaleiro Jaime Dias
34	Manaus / AM	Estaleiro Palmeira
35	Manaus / AM	Estaleiro Rio Amazonas Ltda.
36	Manaus / AM	Estaleiro São João - Nilo Tavares Coutinho S. A.
37	Manaus / AM	Estaleiro São Raimundo
38	Manaus / AM	Estaleiros Tele Náutica (LIAA)
39	Manaus / AM	Estamam Estaleiros Manaus S.A
40	Manaus / AM	F. B. dos Santos & Cia. Ltda.
41	Manaus / AM	J. L. G. Construçao e Pedaços Navais
42	Manaus / AM	Loureiro e Silva Ltda. - Estaleiro São Jose
43	Manaus / AM	Nautica Oliveira
44	Manaus / AM	Oficina Mecânica e Estaleiro Santo Antônio
45	Manaus / AM	Oliveira & Irmaos Campos Ltda
46	Manaus / AM	Raimundo S. Elgaly
47	Manaus / AM	Rio Amazonas Turismo
48	Manaus / AM	RM de Oliveira
49	Manaus / AM	Sernagel R. S. Serviços de Reparo e Construção Naval Ltda
50	Manaus / AM	Simbad - Serviços Navais Ltda.
51	Manaus / AM	SNT Serviços Navais e Terrestres Ltda
52	Maués / AM	A. S. Barbosa
53	Maués / AM	Estaleiro Cardoso
54	Maués / AM	Estaleiro Maues
55	Maués / AM	Estaleiro Pedrosa
56	Maués / AM	Estaleiro São Cristovão
57	Novo Airão / AM	Estaleiro Ana Mata
58	Novo Airão / AM	Estaleiro do Donizete (Irmãos Alves)
59	Novo Airão / AM	Estaleiro Estevão
60	Novo Airão / AM	Estaleiro Naval São José Ltda
61	Novo Airão / AM	Estaleiro Santo Alberto
62	Novo Airão / AM	Estaleiro Santo Antonio
63	Novo Airão / AM	Estaleiro São João José Ltda
64	Parintins / AM	D. F. da Cruz (Ofina Mecânica Relâmpago)
65	Parintins / AM	Estaleiro Dois Irmãos
66	Parintins / AM	Estaleiro e Oficina Irmão Xavier
67	Parintins / AM	Estaleiro e oficina Naval Dom Pedro I
68	Parintins / AM	Estaleiro e Oficina Naval São Francisco
69	Parintins / AM	Estaleiro Garantido
70	Parintins / AM	Estaleiro São João
71	Parintins / AM	Oficina Naval Boa Esperança
72	Parintins / AM	W. S. Brandão (Estaleiro São José)

COMPARAÇÃO ENTRE SEQUÊNCIAS DE SOLDAGEM PROGRESSIVA E PASSO REVERSO ATRAVÉS DE ANÁLISE NUMÉRICA E EXPERIMENTAL

Capitão-de-Corveta (EN) Carlos Alexandre de Araújo, M.Sc.
Centro de Projetos de Navios – Marinha do Brasil
E-mail – carlos.alexandre@cpn.mar.mil.br, blahdder@ig.com.br

Prof. Julio Cesar Ramalho Cyrino, D.Sc.
Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE – UFRJ)
E-mail - julio@coppe.peno.ufrj.br

RESUMO

Este trabalho desenvolve uma análise numérico-experimental comparativa entre o comportamento termo-estrutural oriundo da "Seqüência de Soldagem Progressiva" e da "Seqüência de Soldagem em Passo Reverso" aplicadas sobre o aço de alta resistência estrutural HY80, tipicamente usado na estrutura de casco resistente de submarinos convencionais produzidos pela Marinha do Brasil (MB). Inicialmente foram realizados ensaios de dois corpos de prova de tal forma a se reproduzir, experimentalmente, as duas seqüências de soldagem e, com isso, obter cada campo térmico e de distorções. A seguir, foram gerados dois modelos numéricos termomecânicos pelo Método dos Elementos Finitos (MEF) representativos dos corpos de prova ensaiados. Estes modelos foram sistematizados e compilados por meio do código ANSYS MECHANICAL, considerando-se a variação das propriedades do aço HY80 com a temperatura. Com o uso da "Ferramenta de Nascimento e Morte de Elementos" e da "Análise de Campo Acoplada Indireta", foi possível modelar o processo de deposição de metal de solda e se obter a solução numérica para o campo térmico, para tensões residuais e para as distorções resultantes nas placas.

ABSTRACT

This work presents a comparative numerical and experimental analysis between the thermo structural behavior from the "Progressive Welding Sequence" and the "Back Step Welding Sequence" applied to the HY-80 high strength structural steel, typically used in the structure of conventional submarine pressure hulls produced by the Brazilian Navy (MB). Initially, it was made assays of test bodies in such a way that to reproduce the two welding sequences and to obtain experimental thermal and distortional field. Later, it was generated two thermal-structural numerical models by the Finite Element Method (FEM) representatives of the test bodies assayed. These models were modeled and compiled by means of the ANSYS MECHANICAL Code, considering the mechanical properties of HY80 varying in function of temperature. By using of the "Birth and Death Elements Tool" and the "Non-Direct Coupled-Field Analysis", it was possible to model the welding deposition process and to obtain the thermal field, the residual stresses and the distortions numerical solution resulting on the plates.

1. INTRODUÇÃO

Análise de tensões residuais e de distorções dos processos de fabricação de soldagem por fusão de sistemas submarinos militares e de sistemas de exploração de águas profundas e ultra profundas são hoje uma temática a ser explorada de extrema importância estratégica mundial. De forma análoga ao casco resistente de submarinos, é desejável que as estruturas de sistemas "Offshore" apresentem baixo nível de tensões residuais e distorções oriundas do processo de fabricação por solda, de tal forma que se obtenham sistemas com propensões mínimas à falha estrutural.

Assim sendo, o presente estudo pretende contribuir para o desenvolvimento da metodologia do projeto estrutural de sistemas tecnológicos, fornecendo ao projeto como um todo, um maior grau de confiabilidade ainda em sua fase de concepção. Verificou-se ainda que a análise proposta para a união de chapas de aço HY80 pode ser perfeitamente aplicável à análise de soldagem de qualquer aço, bastando para isso conhecerem-se as condições de contorno do problema e as características inerentes ao material, ao consumível e ao processo de soldagem envolvido.

2. DESENVOLVIMENTO DA ANÁLISE

Inicialmente foram realizados ensaios em campo de dois corpos de prova em aço HY80 reproduzindo duas seqüências de soldagem: a primeira dita Sequencia Progressiva e, a segunda, Sequencia em Passo Reverso, de tal forma a se obter, experimentalmente, o campo térmico e o campo distorcional resultantes sobre cada corpo de prova.

Foram consideradas duas seqüências de soldagens para cada corpo de prova: Soldagem Progressiva (Corpo de Prova 1 – CP1) e em Passe Reverso (Corpo de Prova 2 – CP2). A diferença básica entre uma seqüência e outra é a seguinte: na Soldagem Progressiva, o final da deposição de um cordão coincide com o início da deposição de outro cordão; na Soldagem em Passo Reverso, o final de uma deposição nunca coincide com o final da deposição anterior e, com isso, teoricamente pode se diminuir a concentração local de calor.

A Figura 1 exemplifica a diferença entre as duas seqüências adotadas:

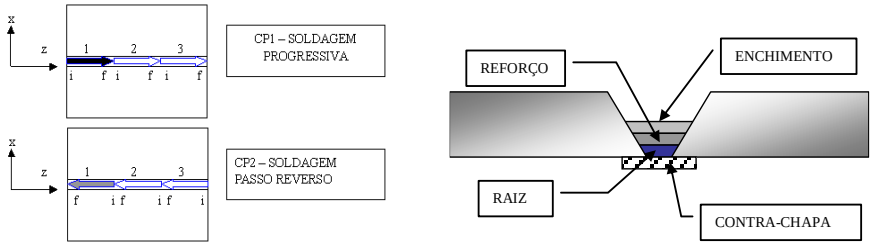


Figura 1 – Seqüências de soldagem (i: início da solda; f: final da solda) e de deposição dos cordões.

Posteriormente, obteve-se segundo a teoria do Método dos Elementos Finitos (MEF), sistematizadas por meio do código ANSYS a solução numérica para modelos termomecânicos não-lineares e transitórios. Com o uso da ferramenta de nascimento e morte de elementos ("Birth and Death Elements") na modelagem do processo de deposição de metal de solda no chanfro, obteve-se o campo térmico, o campo distorcional e o campo de tensões numéricos dos modelos.

3. DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

O processo de soldagem manual adotado para os dois corpos de prova foi o de Eletrodos Revestidos (SMAW – "Shielded Metal Arc Welding"), especificados pelas normas MILITARY MIL 10018-M1 / MIL-E-22200/10 (1987) para aplicações em aço HY80.

Os dois corpos de provas em HY80 são formados por duas chapas cada, cujas dimensões principais são 300mmx150mmx23mm. Uma das chapas foi mapeada para as medições de temperaturas e distorções, conforme o esquema da Figura 2.

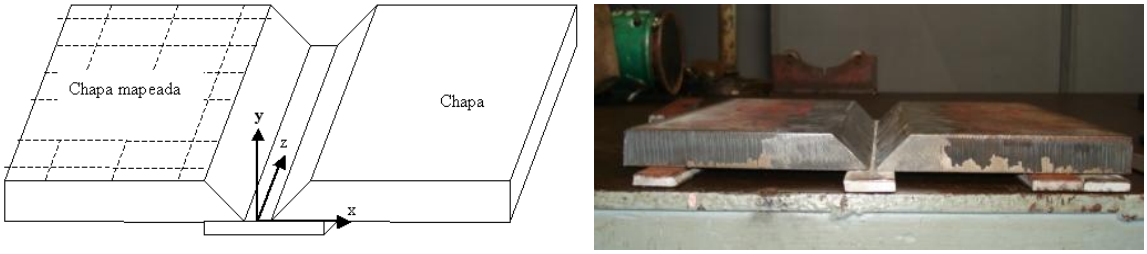


Figura 2 – Modelo de chapa mapeada para os corpos de prova.

Os valores de temperatura e distorções para as seqüências de soldagem progressiva e passo reverso foram compilados em planilha eletrônica. Algumas observações são relevantes:

- Através do cálculo do desvio padrão das amostras, obteve-se 15,90ºC para a soldagem progressiva e 14,68ºC para a soldagem em passo reverso.
- Este pode ser um primeiro indicativo de que o campo térmico gerado por CP1 é mais disperso que o gerado por CP2, devido a uma distribuição de calor em CP1 menos uniforme que em CP2 em função das sequencias de soldagem distintas.



Figura 3 – Final da deposição dos cordões do passe de enchimento, segundo a seqüência em passo reverso.

- As distorções foram medidas a partir de um plano de referência, tomado em relação à chapa engastada, conforme pode ser visualizado na Figura 4.

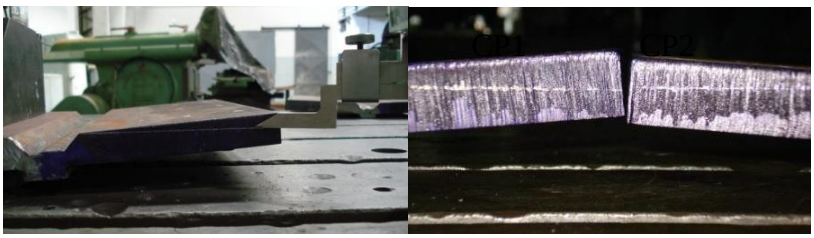


Figura 4 – Marcação na chapa mapeada do plano de referência de medições de empeno.

- As duas seqüências de soldagem apresentaram um comportamento distorcional diferenciado;
- Para a seqüência progressiva (CP1), o nível de distorções experimentais foi bem maior do que para a seqüência em passo reverso (CP2);
- Quanto mais próximo do final da soldagem de CP1 e de CP2, maior foram os níveis de distorções obtido. Isto pode ser devido, basicamente, ao acúmulo de aporte térmico a cada passe de deposição dos cordões de solda; e
- Há um indicativo de um campo de temperaturas bem mais comportado para o CP2 do que para o CP1, o que acarretou um menor nível de distorções totais finais com os corpos de prova à temperatura ambiente de 25ºC no final dos experimentos.

4. ANÁLISE TERMO-MECÂNICA PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

Para se determinar os mecanismos que estão envolvidos nos processos de soldagem dos corpos de prova, dois tipos diferenciados de análises são requeridos: análise térmica da condução de calor através da chapa e análise termo-elastoplástica no metal de base e do material consumível, submetidos a condições de contorno térmicas e estruturais.

Segundo BATHE (1996), as tensões e deformações de origem térmica podem ser calculadas segundo o Método dos Elementos Finitos (MEF), em conjunto com a aplicação do modelo termomecânico apresentado nos trabalhos de TENG & CHANG (1998), de TENG, CHANG & TSENG (2003), e de CHANG & TENG (2004). A figura 5 mostra o escopo do modelo adaptado para o presente estudo.

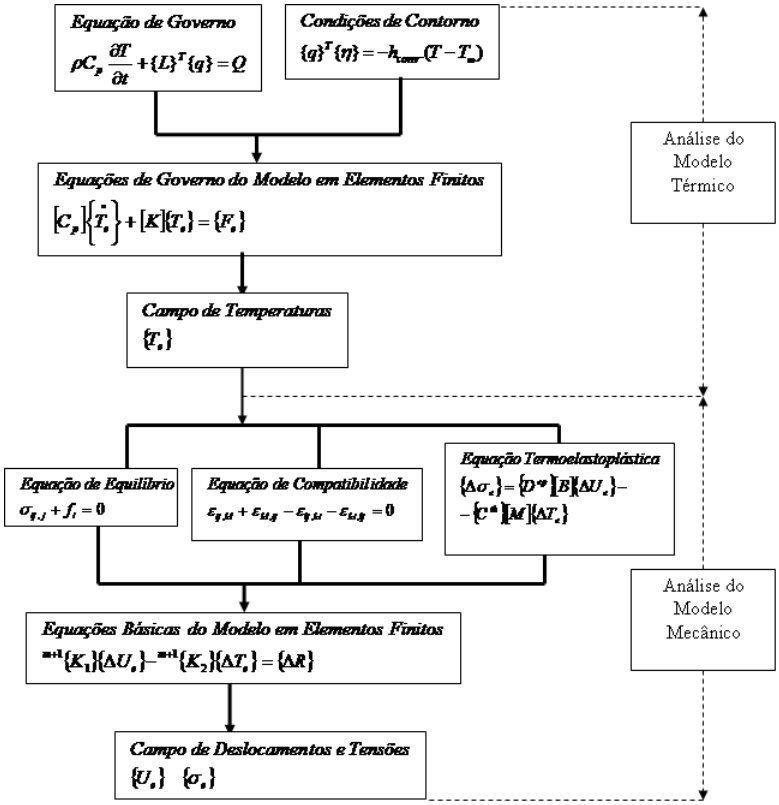


Figura 5 – Diagrama representativo do modelo termomecânico de análise de tensões residuais e distorções (CHANG & TENG, 2004).

Durante cada passe de soldagem, as tensões devido à temperatura são calculadas a partir da distribuição de temperaturas dada inicialmente pela análise térmica. As tensões residuais para cada incremento de temperatura são, então, adicionadas ao ponto nodal da malha de elementos finitos, de tal forma que se tenha atualizado do comportamento dos modelos antes do próximo incremento de temperatura.

Para a análise de um campo térmico simples não linear, o código ANSYS usou o algoritmo iterativo de "Newton-Raphson Full" na análise de convergência do modelo numérico dos corpos de prova.

5. GERAÇÃO DOS MODELOS NUMÉRICOS

O procedimento geral envolve a aplicação do código ANSYS à simulação das duas seqüências de soldagem, visando obter o campo térmico e de distorções numéricos resultantes dos modelos, de tal forma a compará-los com os resultados experimentais.

A análise se deu a partir da geração de dois modelos tridimensionais em linguagem APDL / ANSYS ("ANSYS Parametric Design Language"), sendo um modelo para Soldagem Progressiva (CP1) e outro para Soldagem em Passo Reverso (CP2), tendo por base os corpos de prova ensaiados. Cada modelo 3D procurou reproduzir o seu respectivo ensaio, de tal forma que os dados experimentais obtidos para temperatura e distorção fossem correlacionados com os dados advindos dos modelos numéricos.

5.1 Modelo Geométrico em Elementos Finitos

A premissa fundamental do Método dos Elementos Finitos (MEF) baseia-se no fato de que quanto maior o número de elementos da malha (quanto maior a densidade), a solução obtida tenderá ser a mais próxima da solução real. Entretanto, o tempo de solução e os recursos computacionais aumentam significativamente com o aumento do número de elementos.

Durante a modelagem em elementos finitos pelo código APDL dos cordões de solda, verificou-se ser necessário, inicialmente, gerarem-se todos os elementos fisicamente presentes no cordão completo (raiz, reforço e enchimento) de uma só vez, visto que as ordens das matrizes de condutibilidade e de calor específico não poderiam ser aumentadas ao longo da fase de solução (/SOL).

Os programas gerados em APDL para CP1 e CP2 contêm os "inputs" necessários para análise termomecânica das seqüências de soldagem. Inicialmente, na fase de pré-processamento do ANSYS (/PREP7), os dois modelos geométricos tridimensionais foram gerados, ambos contendo a geometria das placas e a geometria dos cordões a serem depositados. A seguir, foi gerada e refinada a malha com o elemento SOLID70 e atribuídas propriedades mecânicas e térmicas relativas ao HY80 variando com a temperatura.

Na fase de solução (/SOL), foi feita a simulação da deposição dos cordões de solda ao longo do chanfro por meio da ferramenta "Birth and Death Elements" e, concomitantemente à ativação de cada elemento, foi aplicado o carregamento térmico nodal a cada um de seus nós. Com isso foi gerado um arquivo de resultados do tipo "FILE.RTH" com o campo térmico resultante ao final de toda deposição. Este foi o arquivo de "input" para a análise termo-estrutural acoplada indireta, que utiliza o elemento SOLID45 em substituição ao SOLID70.

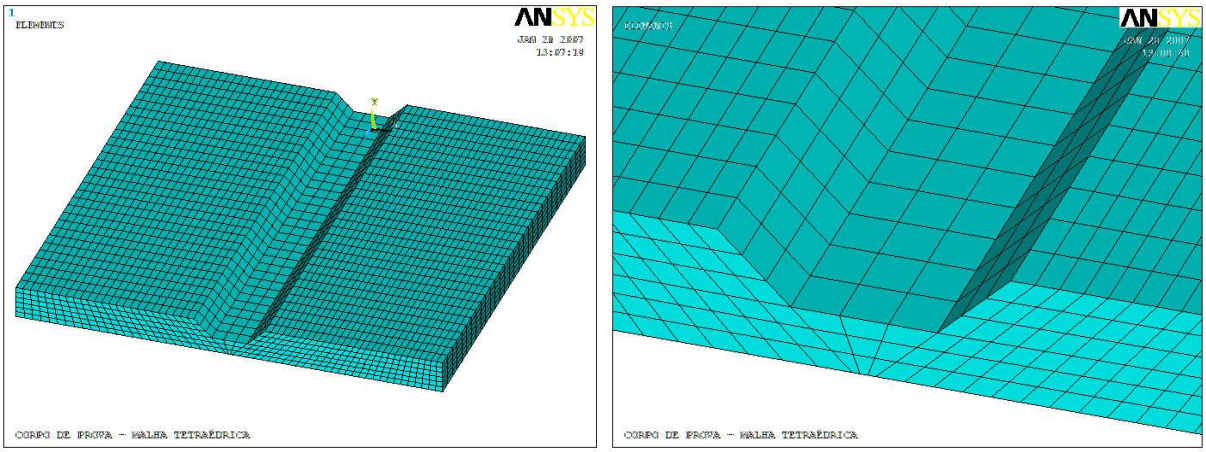


Figura 6 – Detalhe da malha gerada para modelo 3-D dos corpos de prova CP1 e CP2.

Procurou-se que a soldagem numérica reproduzisse a experimental. Para isso, modelou-se no chanfro passes na camada de raiz, passes na camada de reforço e passes na camada de enchimento. Na modelagem, cada cordão foi dividido em 10 camadas transversais, onde a deposição total para cada passe apresenta 10 camadas.

A malha gerada para os cordões depositados foi do tipo mapeada (“mapped”), com geração de elementos tetraédricos, com definição de tamanho de elemento ESIZE = 0.01. Com isso, geraram-se 30 camadas transversais ao chanfro de 10mm de largura e, 10 camadas para cada cordão depositado em função do passe de raiz, reforço e enchimento, perfazendo um comprimento de 100mm por cordão.

Já a malha gerada para as chapas foi do tipo varredura (“sweep”) de elementos tetraédricos, com definição de tamanho de elemento ESIZE = 0.005, metade do valor atribuído para os elementos dos cordões do chanfro. A redução do tamanho deveu-se ao fato de que, para elementos com ESIZE = 0.01, ocorria grande distorção dos elementos gerados na malha.

No seu total, foram gerados 10170 elementos com 12617 nós, sendo os elementos de 1 a 270 pertencentes à soldagem e são os ativados e desativados através da imposição de temperatura de soldagem de 1424º C (fusão do HY80) a cada um de seus nós.

5.2 Modelo das Propriedades do Material HY-80

O aço estrutural HY-80 apresenta as suas propriedades mecânicas dadas à temperatura ambiente pela MILITARY SPECIFICATION MIL–S–1621K (SH) (1987). Para a modelagem, adotou-se as seguintes hipóteses:

- A densidade e o coeficiente de convecção são constante com a temperatura;
- As propriedades físicas do material de base HY80 e do metal depositado (eletrodo) são as mesmas, e o comportamento mecânico do aço HY80 e solda é o mesmo, tanto na compressão como em tração;
- Devido à confidencialidade das informações, as curvas de propriedades do material em função da temperatura propostas para esse aço representaram aproximações em função de formulações genéricas existentes para aços martensíticos semelhantes ao HY80;
- O calor latente de fusão foi modelado por meio da entalpia e esta, obtida por meio da integral do calor específico, com densidade constante com a temperatura;

- Admitiu-se que o HY80 apresenta um comportamento não-linear inelástico, com taxa de deformação independente do tempo e com efeitos não lineares de encruamento plástico cinemático, segundo o critério de escoamento de Von Mises, para a curva tensão versus deformação assumida bilinear;
- As dimensões dos corpos de prova são suficientes para o desenvolvimento integral do campo de temperaturas e de distorções, segundo o experimento análogo realizado por SOUZA (1989);
- Os cordões depositados apresentam as mesmas propriedades termomecânicas do HY80 durante a soldagem e após o resfriamento da poça de fusão. Dessa forma, assumiu-se que modelos são compostos de um único material, o que facilitou bastante a análise numérica computacional; e
- Foram desconsideradas as tensões residuais oriundas de transformações químicas e de fase na poça de fusão.

6. ANÁLISE TÉRMICA

6.1 Metodologia de Carregamento Térmico Nodal

Foram adotados os seguintes procedimentos para a modelagem térmica e simulação de cada um dos modelos:

- Os carregamentos térmicos foram definidos como carregamentos térmicos nodais, isto é, a temperatura é definida diretamente sobre os nós dos elementos, e não estão diretamente relacionados ao carregamento térmico sobre os elementos;
- A modelagem do aporte de calor foi feita impondo-se a certa quantidade de material consumível depositado à temperatura de "liquidus" em 1424º C;
- O material consumível depositado durante os passes é deixado esfriar livremente sob convecção natural, até a temperatura de pré-aquecimento da chapa de 149º C. Essa é uma das condições de contorno estabelecida pela MILITARY MIL 10018-M1 / MIL-E-22200/10 (1987) para se evitar a formação de hidrogênio molecular durante a deposição;
- Ao final da deposição de todos os cordões, os corpos de prova atingem a temperatura ambiente de 25ºC;
- Os modelos adotam a técnica de "Elementos de Nascimento e Morte" ("Birth And Death Elements") para simular os mecanismos de deposição de solda no chanfro dos corpos de prova; e
- Todos os elementos de um determinado modelo devem ser previamente criados, incluindo a geometria do cordão de cada passe de solda a ser simulado a partir do "nascimento" de cada elemento até os últimos estágios da simulação.

6.2 A estratégia utilizada para a imposição de temperaturas

Após a imposição da temperatura inicial de 149°C aos nós do elemento SOLID70, a primeira porção de material depositado é ativada (primeira camada) no primeiro "loadstep" e todos os nós correspondentes têm a sua temperatura imposta em função do tempo de acordo com o gráfico mostrado na Figura 7:

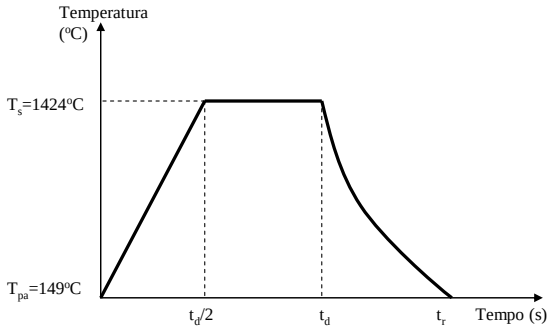


Figura 7 – Gráfico representativo da imposição de temperaturas.

Após atingir o instante t_d, a primeira parte depositada do cordão é deixada em condição livre para resfriamento até 149ºC durante um tempo t_r, e após a deposição da última porção de material fundido para cada cordão depositado, o modelo é deixado resfriar até que entre em equilíbrio térmico com a temperatura de pré-aquecimento de 149ºC.

Para esta análise foram considerados 60s até que se atinja o equilíbrio térmico da deposição de cada cordão de cada passe executado (raiz, reforço e enchimento), e ao final de todos os passes, o modelo é deixado resfriar até a temperatura ambiente de 25ºC.

6.3 Estratégia para a Seqüência Progressiva e Passo Reverso

As seguintes figuras representam o modelo numérico de imposição de temperaturas para a deposição da primeira camada de solda, segundo a seqüência progressiva e de passo reverso, respectivamente.

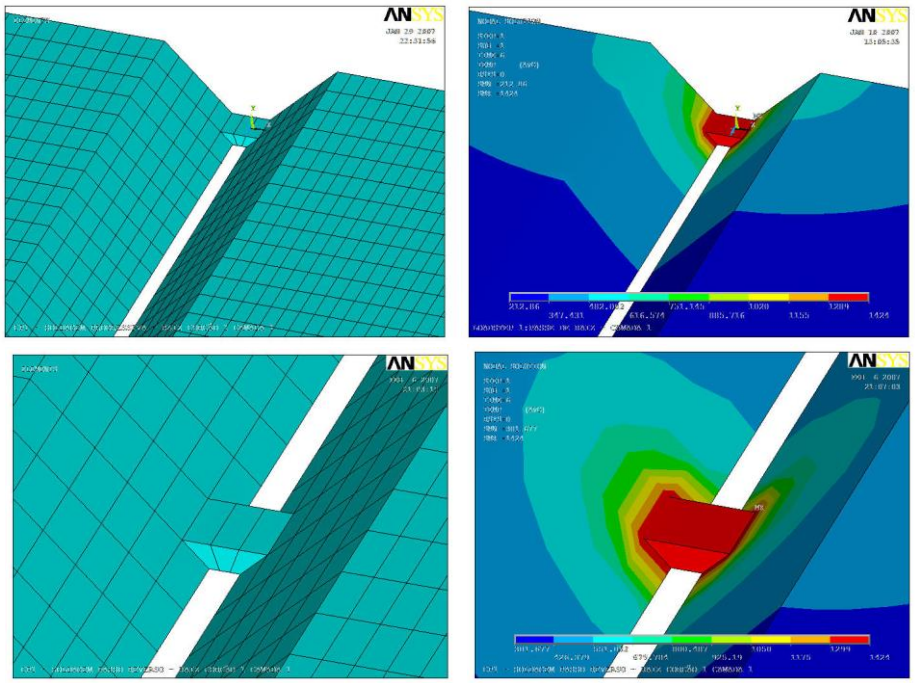


Figura 8 - Ativação da primeira camada do cordão 1 do passe de raiz, com respectivo campo térmico para o CP1 e CP2, respectivamente.

Uma vez terminada a primeira deposição (instante t_d) do passe de raiz, a segunda deposição de consumível nessa camada se inicia utilizando o mesmo processo de carregamento incremental, porém apenas com os nós que não fazem parte da interface com os elementos já carregados.

Assim, os carregamentos vão sendo aplicados até que a última porção de material depositado no passe de raiz seja ativada pela ferramenta "Birth and Death", e tenha sua temperatura imposta de acordo com a estratégia adotada. Ao final da deposição do passe de raiz, inicia-se a deposição da camada de reforço, segundo a mesma lógica incremental, sucessivamente até a deposição do último passe de enchimento, terminando assim a deposição de solda para as duas seqüências.

7. ANÁLISE MECÂNICA

7.1 Metodologia de Transformação do Carregamento Térmico Nodal em Tensões e Deformações

A metodologia baseou-se na Análise de Campo Acoplada do código ANSYS ("Coupled-Field Analysis"). Como o input para a análise mecânica (Análise 2) depende dos resultados da análise térmica (Análise 1), diz-se que a análise é acoplada.

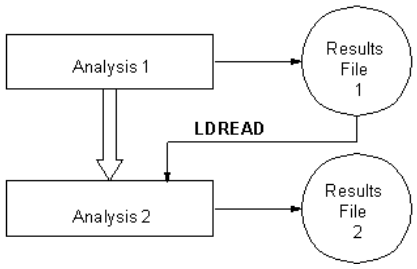


Figura 9 – Fluxograma seqüencial da análise acoplada (SOFTEC, 2004).

A seguir é apresentada a seqüência básica adotada para a solução da análise acoplada do problema de soldagem proposto:

- Mudou-se o elemento térmico SOLID70 para o estrutural equivalente (SOLID45), a partir do comando "ETCHG";
- Aplicou-se as propriedades do material HY80 em função da temperatura: Módulo de Young (EX), Coeficiente de Poisson (PRXY) e Coeficiente de Expansão Térmica Linear (ALPX); e
- Leu-se os carregamentos térmicos nodais aplicados aos elementos SOLID70. Esse carregamento foi transformado em carregamentos tensionais por meio do comando "LREAD" aplicado ao elemento SOLID45.
- Aos modelos foram aplicadas condições de contorno de apoio nos nós extremos de cada placa por meio das restrições de seus "keypoints" ou pontos nodais. Com isso, conseguiu-se dar estabilidade mecânica ao modelo.

8. ANÁLISE DAS SOLUÇÕES OBTIDAS

8.1 Parâmetros para comparação de tensões residuais

Foram estabelecidas os seguintes parâmetros para que se fosse possível comparar as tensões residuais resultantes das duas seqüências de soldagem:

- O campo térmico numérico está correlacionado com o campo térmico experimental obtido nos ensaios;
- As regiões dos modelos que mais estariam propensas a falhas seriam a do chanfro e na zona termicamente afetada do metal de base (ZTA), circunvizinha ao chanfro;
- Os modos de falha do material podem ocorrer pelos seguintes mecanismos: propagação instável de trincas submetidas a tensões estáticas ou cíclicas de natureza trativa, e falha por flambagem, devido à carga compressiva total e distorções geométricas na estrutura;
- A natureza direcional e posicional das imperfeições por soldagem é basicamente aleatória. Considerou-se, neste caso, que podem existir tanto trincas superficiais quanto internas distribuídas ao longo das direções transversais (x) e longitudinais (z); e
- Deve ser avaliado se as tensões equivalentes de Von Mises (SEQV) resultantes encontram-se dentro da ordem de escoamento do material. Esta prerrogativa foi enfatizada por SOUZA (1989) e outros pesquisadores como MASUBUSHI (1980) em seus estudos sobre tensões residuais de soldagem.

8.2 Análise comparativa entre as tensões residuais de Von Mises

No final da deposição de todos os passes relativos às duas seqüências de soldagem, obteve-se o campo tensional numérico dos modelos. Em termos de ordem de magnitude de tensões residuais equivalentes de Von Mises, observou-se uma elevação dos níveis tensionais em função do aumento do número de cordões depositados.

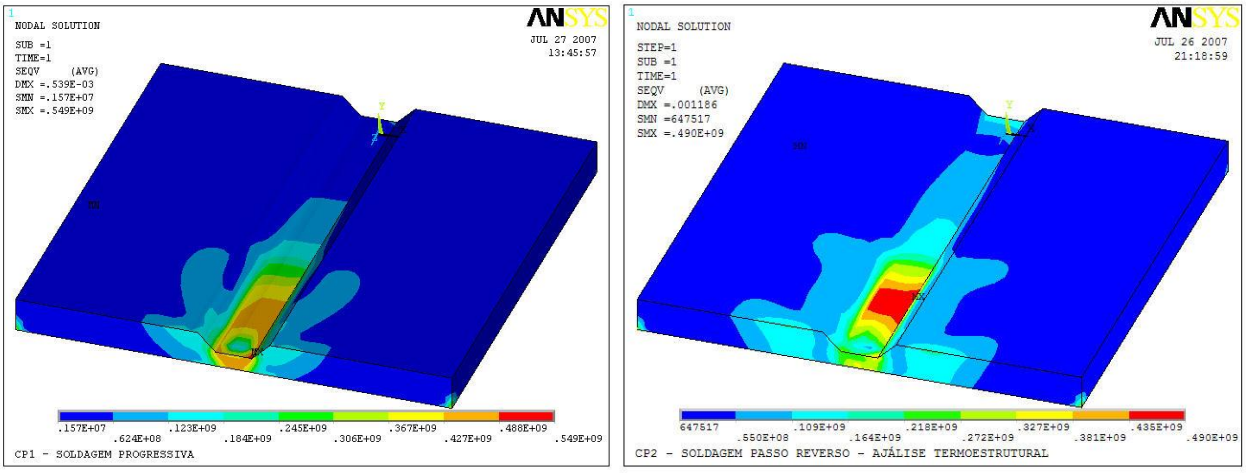


Figura 10 - Resultados para tensões de Von Mises para CP1 e CP2, respectivamente, ao final da soldagem do último cordão de enchimento e após resfriamento da estrutura até 25ºC.

Em relação às tensões máximas equivalentes de Von Mises obtidas para as duas seqüências de soldagem à temperatura final de resfriamento de 25ºC, verificou-se também que:

- O nível de tensões residuais para a Soldagem Progressiva foi de 549Mpa e para Passo

Reverso, 490Mpa. Com a tensão de escoamento para o aço HY80 temperatura de 25ºC é de 552 Mpa, conclui-se que, para ambas as seqüências de soldagem, as tensões residuais obtidas foram da ordem do limite de escoamento do material, o que é coerente com os dados obtidos por SOUZA (1989) e outros pesquisadores como MASUBUSHI (1980);

- O nível máximo de tensão equivalente para a seqüência de Soldagem Progressiva foi superior ao observado para a Seqüência em Passo Reverso; e
- Os pontos onde ocorrem as máximas trações (pontos MX), para ambas as seqüências, estão tipicamente localizados na transição da rampa do chanfro com 45º de ângulo de bissel e a última camada depositada (cordão de enchimento). Este tipo de resultado é o esperado e devido, sobretudo, à contribuição da mudança de geometria da estrutura na distribuição de calor.

8.3 Análise comparativa entre tensões residuais longitudinais SZ(x)

Para a Soldagem Progressiva e para a Soldagem em Passo Reverso, observou-se que o campo tridimensional de tensões residuais longitudinais SZ(x,y,z) ao final da soldagem é de compressão nas extremidades nas placas e de tração na região próxima ao centro do chanfro no final da deposição.

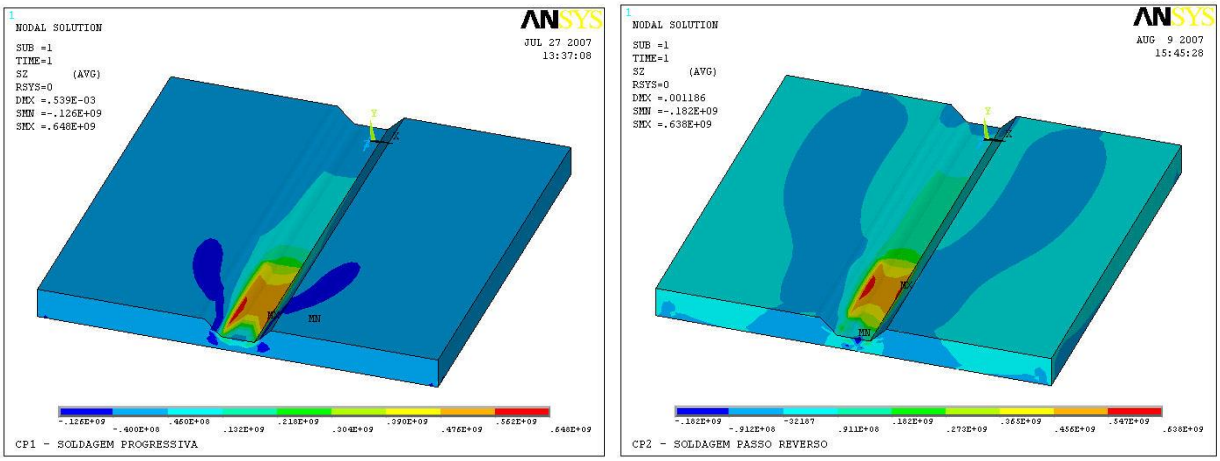


Figura 11 - Resultados das tensões SZ para o CP2.

Pode-se dizer que o comportamento observado é coerente para esses tipos de soldagem em placas e os resultados de distribuição de tensões residuais obedecem ao padrão obtido por MASABUSHI (1980) e TENG; CHANG & TSENG (2003).

Em termos de ordens de magnitude das tensões residuais nos modelos, foram observados os seguintes níveis de tensões residuais longitudinais:

Tabela 1 – Máximas tensões SZ .

Modelo	Máxima Tração SZ	Máxima Compressão SZ
CP1	648MPa	126MPa
CP2	638MPa	182MPa

Conclui-se que as máximas tensões obtidas são da ordem do limite de escoamento do material e que CP1 apresenta, ligeiramente, maiores níveis de tensão trativa do que CP2. Em contrapartida, CP2 apresenta maiores níveis de tensões compressivas quando comparado a CP2.

Localmente, os resultados nodais para tensões SZ(x) no plano Y=0 e ao longo da transversal X para CP1 – Soldagem Progressiva e para CP2 – Soldagem em Passo Reverso são apresentados a seguir:

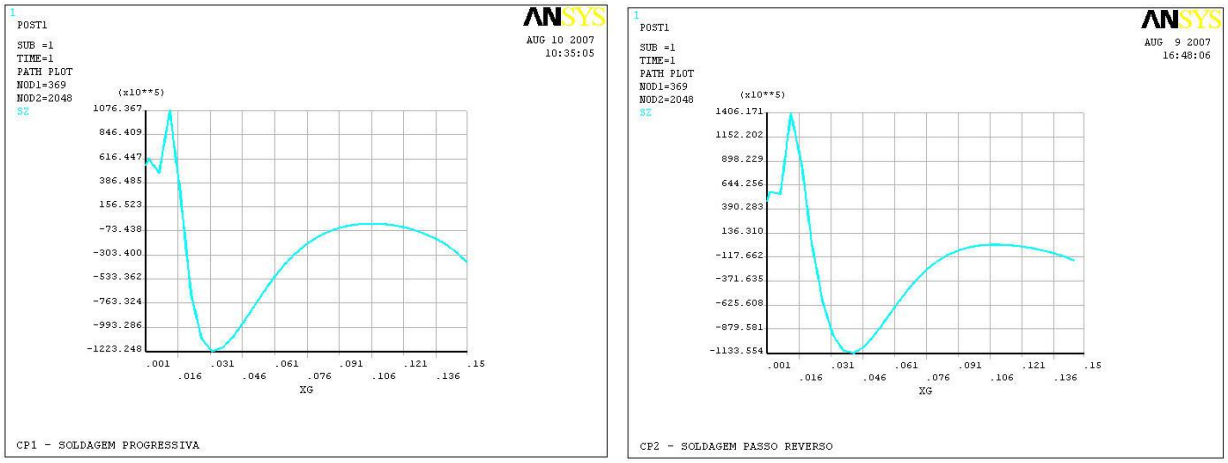


Figura 12 – Tensões residuais longitudinais SZ(x) no plano Y=0 ao longo da transversal para CP1 e CP2, respectivamente.

Conclui-se que o comportamento gráfico de SZ(x) para ambas as sequencias são semelhantes entre si e coerentes com os resultados obtidos por TENG; CHANG & TSENG (2003), o que torna coerente os modelos numéricos desenvolvidos para CP1 e CP2.

8.4 Análise comparativa entre tensões residuais transversais SX(z)

Para o campo tridimensional de tensões residuais transversais SX(x,y,z) advindas dos modelos numéricos, observam-se para CP1 ao longo da direção X tensões residuais de compressão nas extremidades das placas e de tração na região do centro do chanfro onde os cordões foram depositados. Para o campo de CP2, as tensões residuais transversais são tipicamente de compressão no centro das placas e de tração na região circunvizinha ao centro do chanfro onde os cordões foram depositados.

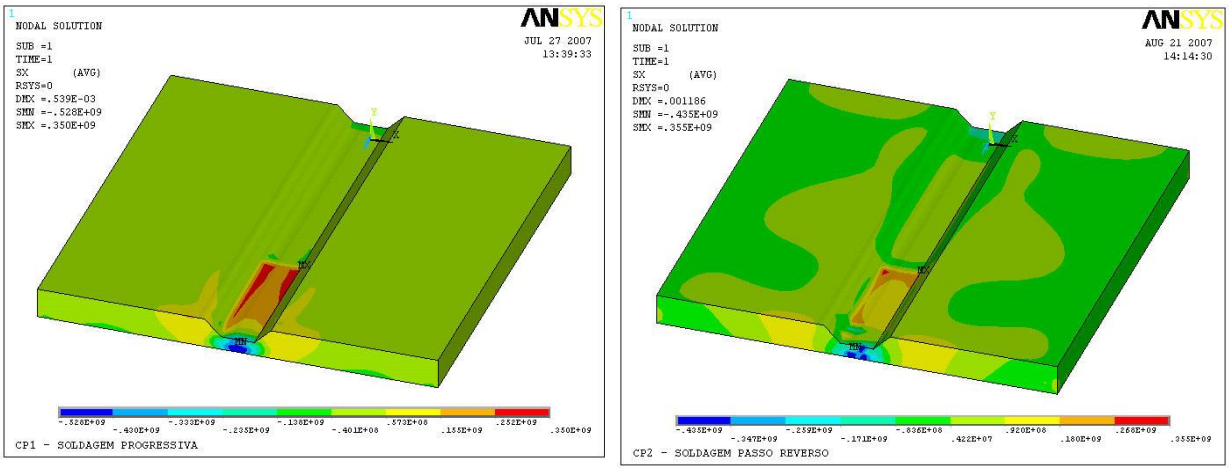


Figura 13 - Resultados das tensões SX para CP1 e CP2, respectivamente..

Pode-se dizer que o comportamento observado é coerente com esse tipo de soldagem em placas e os resultados de distribuição de tensões residuais obedecem ao padrão obtido por MASUBUSHI (1980) e TENG; CHANG & TSENG (2003). Em termos de ordens de magnitude, foram observados os seguintes níveis de tensões residuais longitudinais:

Tabela 2 – Máximas tensões SX

Modelo	Máxima Tração SX	Máxima Compressão SX
CP1	320MPa	528MPa
CP2	314MPa	435MPa

Globalmente, conclui-se que as máximas tensões obtidas são da ordem do limite de escoamento do material e que CP1 apresenta, ligeiramente, maiores níveis de tensão trativa do que CP2. Da mesma forma, CP1 apresenta maiores níveis de tensões compressivas quando comparado a CP2. Localmente, os resultados nodais para tensões SX(Z) ao longo da direção transversal para o plano Y=0, no centro do chanfro para CP1 – Soldagem Progressiva e para CP2 – Soldagem em Passo Reverso são apresentados a seguir:

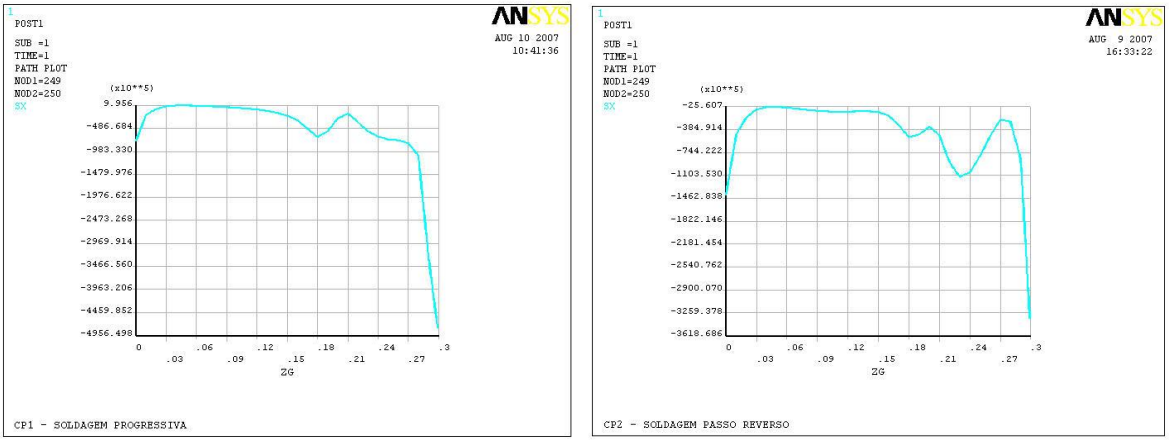


Figura 14 – Tensões residuais transversais SX(Z) no plano Y=0 ao longo da longitudinal para CP1 e CP2.

Conclui-se que o comportamento gráfico de SZ(x) para ambas as sequencias são semelhantes entre si e coerentes com os resultados obtidos por TENG; CHANG & TSENG (2003), o que torna coerente os modelos numéricos desenvolvidos para CP1 e CP2.

8.5 Distorções dos corpos de provas

Durante a soldagem experimental das placas de HY80, verificou-se a ocorrência de distorção rotacional no plano XZ, tanto para CP1 quanto para CP2. Este comportamento distorcional foi também observado durante a simulação numérica dos modelos, sendo o comportamento típico de abertura da ponta do chanfro sem solda para CP1 e, de modo inverso, o de fechamento da ponta do chanfro para CP2.

Para análise comparativa entre experimento e simulação, o parâmetro de comparação considerado foi o deslocamento total medido no experimento e os deslocamentos numéricos totais USUM de CP1 e CP2. Geraram-se, então, gráficos representativos dos deslocamentos totais tridimensionais USUM(x,y,z) para a avaliação e comparação dos resultados numéricos com os resultados experimentais obtidos. Foram obtidas as seguintes soluções nodais para a última camada depositada:

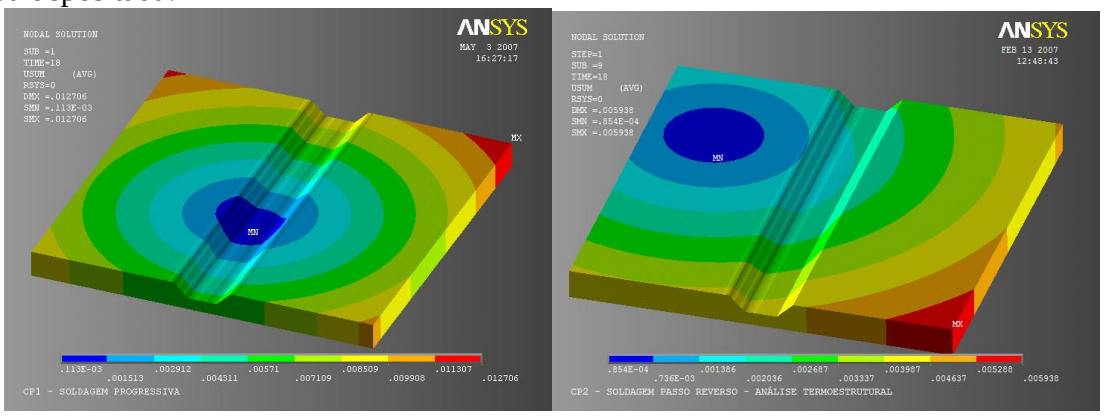


Figura 15 – Deslocamentos totais do CP1 e do CP2 ao final da soldagem.

Desta forma, conclui-se que:

- Houve uma maior distorção numérica final em uma das extremidades do CP1, da ordem de 12,70mm. O ensaio experimental para CP1 indicou uma distorção experimental máxima de 12,82mm, e para esse modelo, as distorções experimentais e numéricas são compatíveis entre si;
- Houve uma maior distorção numérica em uma das extremidades do CP2, da ordem de 5,94mm, bem inferior ao obtido para CP1. O ensaio com CP2 indicou uma distorção experimental máxima de 10mm e, para esse modelo, as distorções experimentais e numéricas são compatíveis entre si sendo, porém as diferença entre experimental e numérico maior que para CP1;
- Comparando-se CP1 com CP2 em termos experimentais, foi verificado que a seqüência progressiva (CP1) apresentou maiores distorções experimentais do que a seqüência de passo reverso (CP2). Comparando-se CP1 com CP2 em termos numéricos, os resultados para as distorções numéricas confirmam os valores obtidos nos ensaios experimentais, ou seja, a Soldagem Progressiva (CP1) apresenta, de forma significativa, maiores níveis de distorções totais do que a Soldagem em Passo Reverso (CP2).

9. CONCLUSÕES

Ao final do presente estudo, algumas conclusões podem ser enfatizadas. Estas são as seguintes:

- Verificou-se durante os experimentos que a seqüência de soldagem progressiva apresentou um maior nível de distorções experimentais quando comparada à seqüência em passo reverso;
- Verificou-se pelos resultados numéricos que a soldagem em passo reverso apresenta tipicamente menores nível de tensões residuais que a seqüência de soldagem progressiva;
- A abordagem para a solução do problema térmico de soldagem horizontal nas chapas planas dos corpos de prova em HY80 mostrou-se exeqüível para aplicações em problemas de engenharia de estruturas;
- Verificou-se que as hipótese simplificadoras adotadas não comprometeu os resultados comparativos obtidos;
- As curvas de propriedades do material em função da temperatura propostas semelhantes a dos aços martensíticos mostraram-se satisfatórias para o resultado final da análise;
- Os elementos SOLID70 (térmico 3-D) e SOLID45 (estrutural 3-D) mostraram-se eficazes na solução do problema numérico proposto; e
- Em vista da complexidade do problema, o procedimento de análise proposto mostrou-se satisfatório para avaliar a distribuição de temperaturas, de tensões residuais e distorções em estruturas soldadas.

10. REFERÊNCIAS

BATHE K.J. (1996). **"Finite Element Procedure"**. 1a. Ed. New Jersey – Prentice-Hall, ISBN 0-13-301458-4.

CHANG, Peng-Hsiang; TENG, Tso-Liang (2004). **"Numerical and experimental investigations on the residual stresses of the butt-welded joints"**. Computational Material Science 29, pp. 511-522. Science Direct - Elsevier (www.elsevier.com).

MASUBUCHI, K. (1980). **"Analysis of Welded Structures"**. 2 ed. New York, Pergammon Press.

MILITARY MIL 10018-M1 / MIL-E-22200/10 (1987) – **"Electrodes, Welding, Mineral Covered, Iron-Powder, Low-Hydrogen Medium, High Tensile and Higher-Strength Low Alloy Steels"**. Washington, USA.

MILITARY SPECIFICATION MIL – S – 1621K (SH) (1987) – **"Steel Plate, Alloy, Structural, High Yied Strengh (HY-80-HY-100)"**. Washington, USA.

SOUZA, G. F. M. (1989). **Análise de tensões em estruturas soldadas**. Tese de Dissertação em Mestrado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (POLI-USP), SP, Brasil.

TENG, Tso-Liang; CHANG, Peng-Hsiang (1998). **"Three-dimensional thermomechanical analysis of circumferentially welded thin-walled pipes"**. In: Elsevier - International Journal of pressure Vessels and Piping 75, pp. 237-247. (www.elsevier.com).

TENG, Tso-Liang; CHANG, Peng-Hsiang; TSENG, Wen-Cheng. (2003). **"Effect of welding sequence on residual stress"**. In: Elsevier - International Journal of Computers and Structures 81, pp. 273-286. (www.elsevier.com).

REDUCCIÓN DE LA RESISTENCIA AL AVANCE DE UN BUQUE MEDIANTE LA APLICACIÓN DE PINTURAS ESPECIALES AL CASCO

Luis Pérez Rojas, Canal de Ensayos ETSIN, Avda. Arco de la Victoria s/n, 28044 Madrid, España; luis.perezrojas@upm.es
Patricia Izaguirre Alza, Canal de Ensayos ETSIN, Avda. Arco de la Victoria s/n, 28044 Madrid, España; patricia.izaguirre@upm.es
Ricardo Zamora Rodríguez, Canal de Ensayos ETSIN, Avda. Arco de la Victoria s/n, 28044 Madrid, España; ricardo.zamora@upm.es
Francisco Pérez Arribas, Canal de Ensayos ETSIN, Avda. Arco de la Victoria s/n, 28044 Madrid, España; francisco.perezarribas@upm.es
Elkin Botia Vera, Canal de Ensayos ETSIN, Avda. Arco de la Victoria s/n, 28044 Madrid, España; elkinmauricio.botia@upm.es
José Fernando Núñez Basáñez, Canal de Ensayos ETSIN, Avda. Arco de la Victoria s/n, 28044 Madrid, España; josefernando.nunez@upm.es
Juan Carlos Díaz Cuadra, Navantia, S.A., C/ Velázquez 132, 28006 Madrid, España, jcdiaz@navantia.es

RESUMEN/ABSTRACT.

La crisis económica, el impacto medioambiental y el consumo continuado de los combustibles fósiles propician cualquier iniciativa que conlleve un ahorro de energía. En el mundo de los buques, uno de los objetivos ha sido siempre el alcanzar un casco hidrodinámicamente óptimo que con un mínimo de potencia proporcione la velocidad deseada.

Esta resistencia al avance se debe esencialmente a dos razones: a la fricción entre el agua y el casco del buque y a la generación de olas debido a la presencia de la interfase aire-agua. El presente trabajo recoge las labores llevadas a cabo para evaluar la posibilidad de minimizar la resistencia debida a la fricción mediante la aplicación de pinturas especiales al casco del buque.

El análisis se ha aplicado a un buque de cooperación en materia de pesca que ha sido estudiado hidrodinámicamente en el Canal de Ensayos Hidrodinámicos de la E.T.S.I. Navales. Para el estudio de la reducción de la resistencia de fricción se han ensayado dos planchas con una superficie mojada equivalente al modelo utilizado en los ensayos hidrodinámicos con dos tipos diferentes de pintura.

También se han llevado a cabo cálculos numéricos con un código comercial de tipo viscoso con la posibilidad de evaluar la rugosidad. Se pretende también con ello proceder a la validación de dicho código para la consideración de la rugosidad.

1.- INTRODUCCIÓN.

Recientemente, el Canal de Ensayos Hidrodinámicos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales, perteneciente a la Universidad Politécnica de Madrid, ha llevado a cabo una serie de trabajos en el campo de la hidrodinámica conducentes a la optimización de un Buque para la Cooperación en Materia Pesquera, centrada fundamentalmente, aunque no de forma exclusiva, en la Formación Pesquera en todos sus ámbitos y en actividades conexas y/o complementarias. El buque consta de medios propios para la cooperación al desarrollo y para la formación de los trabajadores de Empresas radicadas en el exterior en aquellas operaciones relacionadas con las actividades extractoras, transformadoras, conserveras y comercializadoras.

Es un buque de diseño moderno, socialmente avanzado en la habilitación de la tripulación y con velocidad suficiente para poder rentabilizar al máximo su utilización, de tal manera que pueda desplazarse a lo largo del año a aquellos países, de cualquier continente, que por las necesidades de la cooperación pesquera y/o de las empresas así lo demanden. Una descripción detallada del mismo puede verse en [1].

El cuidado diseño fue sometido a una serie de ensayos de resistencia de remolque, propulsor aislado, autopropulsión, líneas de corriente y comportamiento en olas. Las herramientas numéricas permitieron completar el estudio de comportamiento en la mar en mares irregulares y el contar con la descripción de las líneas de corriente como complemento de las obtenidas experimentalmente.

El área de la maniobrabilidad contó con un nuevo diseño de timón que exigió su ensayo y la determinación experimental de la estela que también fue obtenida numéricamente. Estas actuaciones permitieron predecir el comportamiento en cuanto a maniobrabilidad del buque en comparación con la utilización de un timón convencional.

Desde el punto de vista de la protección del medio ambiente marino, dos actuaciones originales se materializaron en la construcción de este buque: la gestión del agua de lastre y el control del "*fouling*". Desde la aparición de las primeras pinturas antiincrustantes sin biocidas para embarcaciones rápidas al comienzo de la década de los 90, se ha progresado mucho y

hoy día se dispone de pinturas basadas en el uso de siliconas y de polímeros de flúor (fluoropolymer ®) que, en comparación con otras protecciones basadas también en siliconas, mejoran enormemente sus prestaciones incluso para los buques menos rápidos.

El Buque de Cooperación Pesquera está protegido con una pintura que representa el último avance en el control del aumento de la rugosidad del casco, debido a la creación de una superficie muy lisa y deslizante, con poca resistencia de fricción, a la que los organismos marinos (*Bio-Fouling)* tendrán dificultad de incrustarse y, los que lo consigan, lo harán de una forma débil por lo que se podrán eliminar con facilidad.

Con objeto de comprobar las bondades de este nuevo producto, se han ensayado en el Canal de la ETSIN una plancha sumergida de igual superficie a la mojada del modelo del buque ya ensayado. La plancha fue pintada con el nuevo producto y con una pintura convencional, con el fin de comparar su comportamiento en cuanto a Resistencia Friccional se refiere. Esta actuación también se ha enfocado desde un punto de vista numérico con el fin de evaluar la capacidad de las herramientas numéricas para recoger el efecto de la rugosidad.

El presente trabajo recoge la labor tanto experimental como numérica que se ha llevado a cabo con el fin de evaluar el comportamiento hidrodinámico de estas nuevas pinturas.

2.- RUGOSIDAD DEL CASCO. USO DE PINTURAS DE NUEVA GENERACIÓN

Pasado un cierto periodo de tiempo, después de salir el buque recién pintado, la protección de la pintura va debilitándose y, a partir de un cierto momento, empieza a aumentar la rugosidad del casco, debido a la fijación en él de distintos organismos, primero microscópicos y luego perfectamente visibles como algas, moluscos, etc. Si el proceso continúa sin que se le ponga freno, llegará la corrosión del acero que afectará de una forma permanente a la rugosidad del casco, con lo que se producirá un notable incremento de la resistencia de fricción del buque.

La velocidad con la que se produce esta adherencia de organismos y, por lo tanto, el aumento de rugosidad del casco depende, principalmente, de unas cuantas variables que se indican a continuación:

2.1. Rugosidad del buque nuevo:

Recientemente se han llevado a cabo investigaciones y experiencias acerca de la influencia de la rugosidad superficial del forro exterior en la resistencia al avance por fricción, que da lugar a variaciones sensibles en la velocidad del buque para una potencia dada, o bien, en la potencia requerida para alcanzar una determinada velocidad.

De entre las causas que dan lugar al deterioro de la lisura de la superficie exterior del casco, se pueden distinguir dos grandes grupos:

a) *Rugosidad temporal* provocada por la incrustación de organismos vivos. Este ensuciamiento de los fondos, ya sea en forma de organismos vegetales (algas) o animales (balanos, túbulas, etc.) produce en periodos de tiempo relativamente cortos un aumento muy apreciable de la rugosidad del casco, provocando fuertes descensos en la velocidad del buque, o bien, incrementos notables de potencia y consumo para mantener una velocidad dada.

b) *Rugosidad permanente* debida a la acumulación excesiva de capas de pintura, que, a la larga, se ve agravada por la aparición de cuarteamientos, desconchados y desprendimientos. Otra causa es la preparación inadecuada del casco antes del pintado en las varadas.

A partir de los estudios realizados por la British Ship Research Assotiation (BSRA), que llevó a cabo un amplio programa de investigación al respecto se llega a unas conclusiones prácticas aproximadas muy concretas:

- Para mantener una velocidad dada, un aumento de rugosidad del casco de 10 micras, hace necesario un aumento de potencia de 1 %.
- A igualdad de potencia, un aumento de rugosidad de 10 micras, implica una disminución de velocidad del 0,3 %.

Aunque depende de la calidad de producción de las planchas de acero y de los métodos constructivos del astillero, se suele considerar como un valor medio aceptable, una

amplitud de rugosidad media aparente (MAA), basada en una longitud de 50 mm, de 150 μm. Durante la operación del buque, esta rugosidad irá aumentando. Al limpiar fondos se reducirá, pero nunca volverá a alcanzar su valor inicial. La rugosidad del casco, nada más salir el buque del dique crecerá a lo largo de toda su vida.

2.2.- Tipo de pintura.

Desde principios de los años setenta, los desarrollos llevados a cabo en el campo de las pinturas antiinscrustantes y en el control de la corrosión han dado como resultado, por una parte, al conocimiento del mecanismo de los copolímeros basados en el TBT (tributil-estaño) (que recientemente han sido prohibidos, como todos los compuestos que contengan estaño) y, por otra parte, a la introducción de antiincrustantes basados en copolímeros auto-pulimentantes (SPC), libres de TBT. Estos desarrollos han proporcionado la tecnología para la eliminación de las incrustaciones, además de sustancias químicas resistentes a la abrasión más tenaces y duras.

La búsqueda de nuevos antiincrustantes inocuos para el medio ambiente ha dado su fruto con el desarrollo de recubrimientos cuyas formulaciones no contienen ningún tipo de biocida transferible al mar al mismo tiempo que no interaccionan químicamente con él, es decir no están sometidos a consumo por hidrólisis o pulimentación. Su principio de actuación está basado en la baja tensión superficial de las siliconas, componente principal de estos recubrimientos, que impide un anclaje efectivo de la incrustación de tal forma que ésta se libera por el rozamiento provocado por el avance del buque. Una mayor velocidad de avance dará como resultado una más fácil liberación de la incrustación.

Los avances más recientes en tecnología sobre recubrimientos no han supuesto cambios radicales, pero han mejorado considerablemente las propiedades de los ya existentes. El futuro en este campo depende en gran medida de la innovación en cuanto a nuevos polímeros y materias primas, junto con las formulaciones químicas de los recubrimientos, las limitaciones dadas por las regulaciones, y el incremento en el tiempo de servicio impuesto por los Armadores.

Los fabricantes del producto elegido aseguran que la aplicación de sus protecciones a buques convencionales, incluidos petroleros, etc., con velocidades de servicio superiores a unos diez nudos, puede proporcionar las siguientes ventajas:

- Menor rugosidad media del casco (25%) que origina un menor coeficiente de resistencia friccional (38%).
- Mejor resistencia estática frente a las incrustaciones (80%).
- Mejores propiedades frente al desprendimiento de las incrustaciones (40%).
- Mejor resistencia a la abrasión (60%).
- Ahorros de los costes de combustible de hasta el 6%, dependiendo de las condiciones de servicio de los buques

Las características de durabilidad, flexibilidad y resistencia frente a la abrasión de estas pinturas y la ausencia de biocidas proporcionará también ahorros en las entradas en dique ya que el tratamiento de residuos y de las aguas de lavado del casco será más barato y sencillo compensando su mayor coste inicial y sus requisitos de aplicación.

Un reciente estudio sobre el efecto de las pinturas en la resistencia puede verse en [2], en donde se analizan las diferentes líneas de investigación conducentes a reducir la resistencia de fricción, que es la componente más importante de la resistencia al avance en la mayoría de los buques mercantes que operan en la actualidad.

3.- LAS HERRAMIENTAS NUMÉRICAS EN LA EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA RUGOSIDAD.

Se ha llevado a cabo un estudio numérico con dos códigos comerciales enfocados a la resolución de las ecuaciones de Navier Stokes (RANS). El primero de ellos es el paquete de ANSYS que incluye el mallador ICEM y el CFD CFX-11. Este software se utilizó en la primera fase del proyecto cuanto no estaban definidas las rugosidades y la geometría exacta del sistema de soporte de las planchas para el estudio en el canal. Por tanto, las primeras pruebas numéricas se realizaron suponiendo una superficie plana sin espesor de dimensiones conocidas y para diferentes rugosidades. En una segunda fase, cuando todo el sistema fue definido junto con las rugosidades de ambas planchas, se utilizó el código de CCM+ de la empresa CD-Adapco. Este software tiene incluido el mallador.

3.1.- El Código CFX.

En esta primera fase se pretendía hacer una estimación de la resistencia al avance de una placa plana de espesor despreciable en agua dulce (ρ: 997 kg/m^3 y ν: 8,926·$10^{-7}$$m^2$/s) para diferentes rugosidades y velocidades correspondientes a 13 y 15 nudos. Los diferentes programas utilizados fueron el Rhinoceros en su versión 4.0 para tratamiento de la geometría, el ANSYS-ICEM para mallar y el ANSYS CFX-11 para pre-proceso, pos-proceso y la resolución de las ecuaciones. Para los cálculos se utilizaron dos procesadores de un Pentium IV a 3.2 GHz con una memoria RAM de 3GB. Para una malla de aproximadamente millón y medio de elementos el tiempo típico de CPU para conseguir alcanzar el criterio de convergencia fijado fue de dos horas y media.[3]

El dominio utilizado fue un paralelepípedo que, suponiendo el centro de los ejes coordenados en el centro de la placa, se extendía en el eje X, de -21m a +33m, en el eje Y, de -12m a 12m y el Z, de -12m a +12m. Todo el dominio se consideró agua y no se introdujo la superficie libre. La malla era del tipo estructurada con 1413672 elementos.

Se consideró estado continuo y estacionario, con flujo turbulento. El modelo de turbulencia elegido fue el κ-ε. El paso de tiempo se seleccionó según las recomendaciones del programa y se estableció en ⅓ (L/V) lo que supone 0,77 s para V_1 y 0,67 para V_2. Para poder juzgar la convergencia se consideró el residual RMS (Root Mean Square). La condición impuesta fue10^{-6}. Según la documentación de CFX, llegar a este valor implica una "muy buena convergencia".

Los valores obtenidos para la placa lisa se reflejan en la siguiente tabla en donde también figuran los valores obtenidos por las expresiones de la ITTC

Velocidad	**Resistencia de fricción**	
	ITTC	CFX
V_1 (13 nudos)	693 g	649g
V_2 (15 nudos)	903 g	844gr

Tabla 1

En la figura 1 se representa el incremento de la resistencia al avance en función de la rugosidad (rugosidad equivalente de granos de arena) para las dos velocidades analizadas.

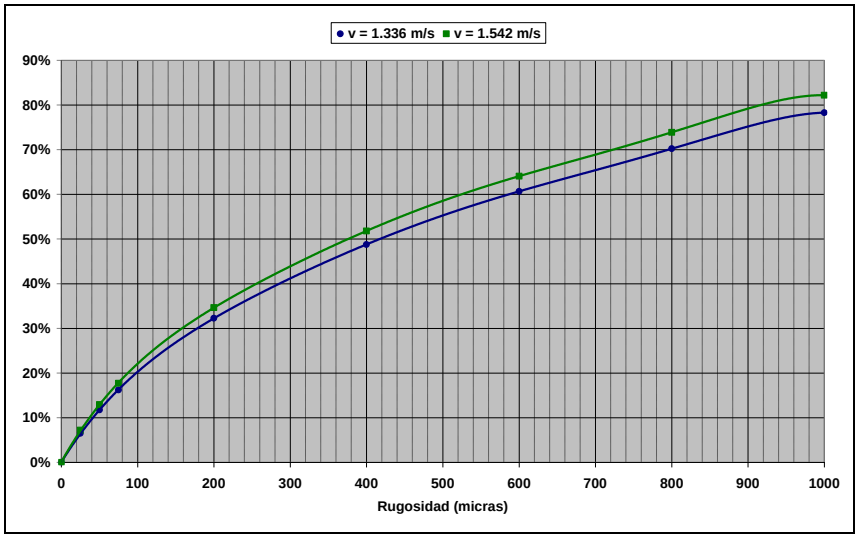


Figura.1

La rugosidad de la pintura convencional puede estimarse en 120 μm y la de base silicona en 70 μm, lo que da origen a que el incremento de resistencia sea del 5,8% para la velocidad baja y 6% para la velocidad alta, teniendo en cuenta las simplificaciones consideradas en estas simulaciones.

3.2.- El Código CCM+

Una vez se tuvo la geometría del sistema completo se paso al estudio del mismo con el programa de dinámica de fluidos computacional STAR-CCM+ 3.06.006 de la empresa CD-Adapco. El cambio de software fue debido a que este último permite un rápido y eficiente mallado. Además, gracias a la versión Linux del programa se ha facilitado enormemente la paralelizacion de los cálculos. Los cálculos se ejecutaron en cinco procesadores en paralelo: dos de un Pentium IV a 3.2 GHz con una memoria RAM de 3GB y tres procesadores de un Intel Core 2 Quad 9550 a 2,83 GHz con una RAM de 4 GB. Para una malla de aproximadamente siete millones de elementos el tiempo típico de CPU para conseguir alcanzar el criterio de convergencia fijado fue de no más de 48 horas.[4].

El sistema que se ha discretizado incluye no solo las planchas sino el soporte, los cuerpos de proa y popa y los perfiles que esconden las sujeciones al carro. Se ha considerado

que el sistema avanza en un único fluido (agua, ρ: 998 kg/m^3 y μ: 8,899·10^{-4} kg/m/s) sin superficie libre. También se han hecho ensayos con simulación de superficie libre para obtener una estimación del incremento de resistencia por formación de olas.

El volumen de control elegido es menor que el anterior porque en este caso se pretendía simular de manera fidedigna los ensayos de canal con lo que el domino se extiende en el eje X desde -7,4m hasta 20,35m, en el Y de -2m a 2m y en el eje Z, de -2m a 0,28m. En las simulaciones con superficie libre, ésta se encontraba en Z=0,28m al inicio y el techo a Z=2m. Por ende, en el dominio entre los planos Z=0,28m y Z=2m el fluido era aire. La malla elegida fue del tipo trimada con capa de prismas para captar la capa límite. Lo primero fue realizar un estudio de convergencia de resultado con el incremento de elementos en la malla. El número de elementos de la malla final que se estudió fue de 6705204. Igual que con el CFX, el tipo de turbulencia fue el κ-ε y el criterio de convergencia para detener el programa se estableció como límite asintótico de 0,001 N (102mg).

En la tabla .2 se presentan los resultados para las dos velocidades y dos rugosidades.

Rugosidad(μm)	**D(V_1) [g]**	**D(V_2) [g]**
70 (R_1)	962	1255
120 (R_2)	972	1286

Tabla 2

para la V_1 el incremento de resistencia al avance de la plancha de rugosidad R_2 frente a la R_1 es del 1% y para la V_2 es de 2,41%. Si se consideran sólo las planchas pintadas, que representan el 61% de la resistencia total, la diferencia de resistencia al avance es de un 1,9% para la velocidad menor y 4% para la segunda velocidad. En los ensayos con superficie libre para V_1 el incremento de la resistencia al avance debido a la formación de olas fue de 61 g, del orden del 6% del total.

4.- LA LABOR EXPERIMENTAL. LOS ENSAYOS HIDRODINÁMICOS

En el proceso de ensayos anteriormente mencionado, el modelo fue sometido a una serie de ensayos de remolque. Inicialmente se procedió a la construcción del modelo, según las

formas suministradas, a la escala de 1:25, siendo sometido dicho modelo a dos ensayos de remolque en las dos situaciones de carga, si bien entre ambas situaciones de carga no había diferencias significativas, 6,5% referido al calado. En la figura 2, se puede ver una vista tridimensional del modelo

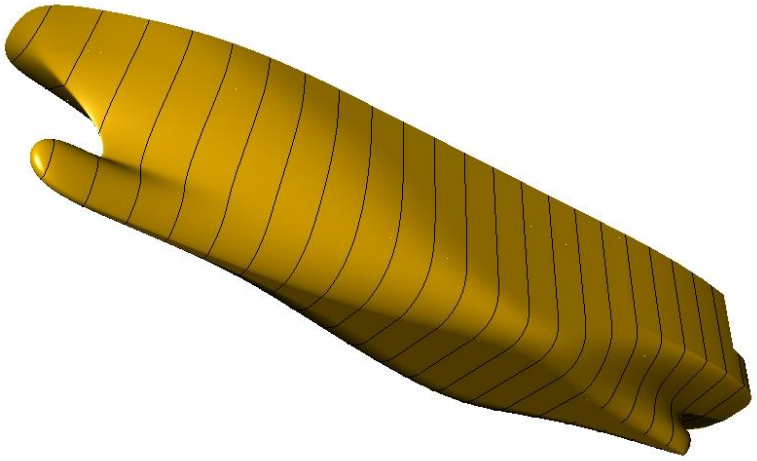


Figura 2

En la figura 3, se presentan los resultados del ensayo de remolque en las situaciones de carga ensayadas.

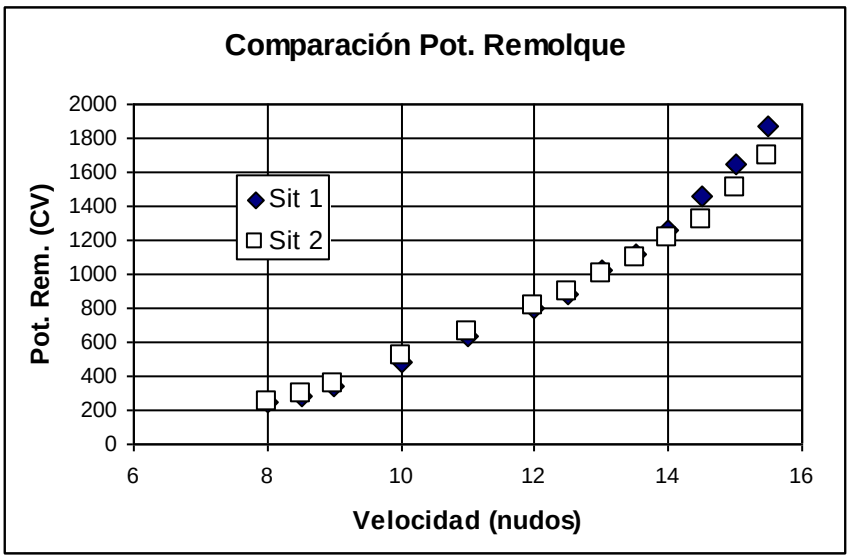


Figura 3

El dispositivo para medir la influencia de las pinturas en la fricción y por lo tanto en la resistencia al avance consistía en construir un bastidor en donde fueran adosadas las planchas con los dos tipos de pinturas a considerar, la convencional y la de base silicona. Se pretendía que este dispositivo representara en cierta medida la resistencia de fricción de Froude, la

resistencia de una placa plana equivalente. De tal forma, las planchas analizadas tenían la misma superficie mojada y eslora de flotación que el modelo ensayado. Estas planchas fueron suministradas por el cliente por lo que el proceso de pintado fue el real, el que se utiliza en la aplicación de dicha pintura a los buques.

Con el fin de dar al conjunto a ensayar una flotabilidad casi nula, la "plancha" tenía un cierto espesor y el bastidor de aluminio se rellenó con espuma. Dado el espesor de la "plancha" se incluyeron dos cuerpos de proa y popa de forma parabólica. En la figura 4 se puede ver un esquema del dispositivo utilizado para el ensayo de las planchas. Sobre el bastidor de aluminio relleno de espuma, se pegaron las planchas pintadas incluyéndose dos cuerpos de entrada y salida con perfil paraboloide. A este respecto puede mencionarse la placa de fricción propuesta por el Naval Ship Research and Development Center [5].

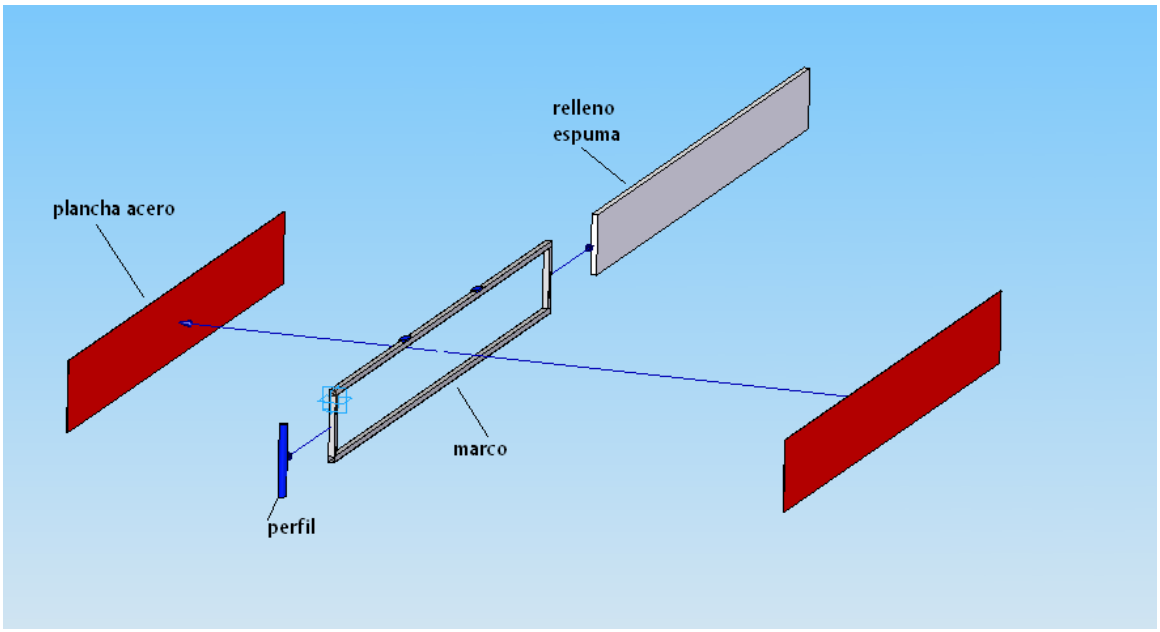


Figura 4

Igualmente a lo utilizado en el modelo se incluyeron como estimuladores de turbulencia unos pequeños cilindros (pines) de 3 mm de diámetro, 2 mm de altura, espaciados 25 mm y situados a 2 cm del inicio de la plancha (Ver figura 5)



Figura 5

Los bastidores iban sumergidos y mediante dos perfiles carenados iban unidos a unos "carritos" deslizantes dentro de una guía unida solidariamente al carro de remolque. Con esta disposición, las planchas eran remolcadas obteniéndose la resistencia gracias a una célula de carga en la misma forma que se realizan los ensayos de remolque convencionales. La figura 6 pone de manifiesto esta disposición

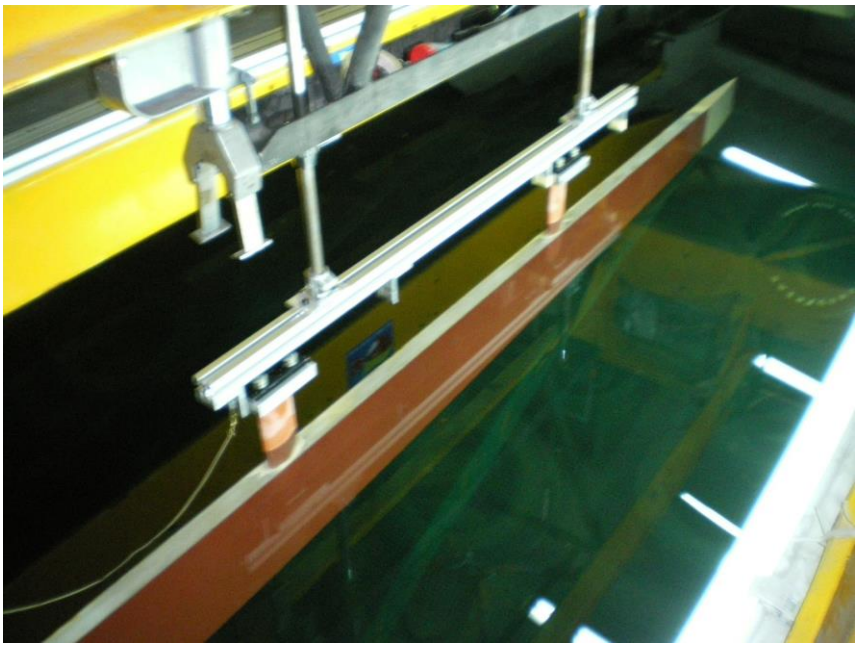


Figura 6

Inicialmente se ensayaron las planchas sin estimulador de turbulencia realizándose 4 sesiones, dos con pintura convencional y dos con pintura de silicona. Una sesión debe

entenderse como la realizada en un día con 4 velocidades (7, 10, 13 y 15 nudos) repitiendo cada punto 3 veces. Dadas las discrepancias encontradas se cambió la orientación de los perfiles hidrodinámicos que recubrían los soportes de unión al carro de remolque. Con esta nueva disposición se llevaron a cabo 6 nueves sesiones, tres y tres. Aunque la coherencia de los resultados se mejoró no se alcanzó una cierta estabilidad en los resultados.

Debido a lo anterior, se instalaron unos estimuladores de turbulencia tal y como se ha comentado en apartados anteriores realizándose seis nuevas sesiones. Dado que en cada sesión se median 12 puntos, las carreras realizadas se elevaron a 192.

En la tabla 3 se recogen los valores medios de las resistencias medidas

Velocidad	**Fn**	**Resistencia**		
		Convencional	Silicona	% reducción
7 nudos	0,12	379 g	386 g	+ 1,7
10 nudos	0,17	630 g	641 g	+ 1,7
13 nudos	0,22	1.071 g	1.037 g	- 3,2
15 nudos	0,26	1.405 g	1.382 g	- 1,5

Tabla 3

Estos valores deben interpretarse primeramente a la luz del nivel de incertidumbre del sistema de medida utilizado. Según el programa intercentros de calibración recogido en los Proceedings de la 25ª Internacional Towing Tank Conference [6] las incertidumbres del Canal de la ETSIN pueden cifrase en los valores indicados en la tabla 4.

Fn	**Incertidumbres %**
0,10	1
0,28	0,25
0,41	0,2

Tabla 4

Es evidente que estos valores de incertidumbre están por debajo de los valores obtenidos para la variación de la resistencia debido al uso de distintas pinturas. Está claro que la incertidumbre para las dos primeras velocidades es cuatro veces mayor que para las otras dos velocidades.

No obstante lo anterior, no hay razones evidentes que permitan explicar el incremento de resistencia obtenido para los dos velocidades más bajas. Si bien estamos hablando de variaciones de 7 y 11 gramos, estos valores están por encima del umbral de incertidumbre anteriormente mencionado. La única explicación posible es que el sistema de medida ("set up") genere una cierta desalineación. Esta posible interpretación haría que los valores de disminución de la resistencia en las otras dos velocidades se incrementarían al suponer que el mismo problema de desalineación existe para las altas velocidades. Tampoco encontramos explicación en el hecho que la reducción es mayor para la velocidad de 13 nudos frente a la velocidad de 15 nudos. Una posible interpretación de la influencia del número de Froude en la resistencia de fricción no parece aplicable por cuanto las planchas han sido ensayadas sumergidas. Sin embargo merece citarse el cálculo de la influencia de la posible resistencia por formación de olas realizado en el campo numérico y que se cifraba en un 6%. Este valor quizás es la única explicación posible a la discrepancia cualitativamente obtenida en las velocidades de 13 y 15 nudos. Con respecto a la posible influencia del número de Froude en la resistencia viscosa véase [7].

Ahondando en los valores obtenidos en los cálculos numéricos de que la posible contribución del área de las pinturas es del 61%, los porcentajes de reducción serían de 5,2 % para el caso de la velocidad de 13 nudos y 2,5% para la velocidad de 15 nudos. De una forma global, estos valores están en línea con los cálculos numéricos efectuados y esperar una reducción de la resistencia de fricción del 3-4% parece razonable.

Veamos finalmente la incidencia que esta reducción tiene en el buque real. Según los cálculos efectuados a tenor de los ensayos hidrodinámicos llevados a cabo en el Canal de Ensayos Hidrodinámicos de la ETSIN, para un desplazamiento de 3.584 t, para la velocidad de 13 nudos, la resistencia debida a la viscosidad representa el 70% de la resistencia total y el 66% para la velocidad de 15 nudos. Todo ello nos lleva a afirmar que para el rango de la velocidad de 13-15 nudos se espera una reducción de la resistencia y por lo tanto de la potencia necesaria del orden del 2,5 %

5.- CONCLUSIONES.

De todo lo expuesto anteriormente se puede indicar las siguientes consideraciones finales:

- Con el fin de evaluar el comportamiento del uso de diferentes pinturas en el casco de un buque se han ensayado planchas con dos tipos de pintura, una de tipo convencional y otra con base silicona. Siguiendo las hipótesis de Froude, estas planchas tenían la misma eslora y la misma superficie mojada que el modelo ensayado anteriormente. Con el fin de mantener los mismos esquemas de pintado que en la realidad, las planchas han sido suministradas ya pintadas por el Astillero.

- Los cálculos numéricos efectuados han puesto de manifiesto el orden de magnitud esperado de reducción de resistencia, la contribución de la resistencia debida exclusivamente a las planchas y el posible efecto de la resistencia por formación de olas generadas por el dispositivo ensayado.

- Los ensayos experimentales llevados a cabo han puesto de manifiesto que para el rango de velocidades equivalentes a los 13-15 nudos se puede esperar una reducción del 3-4% de la resistencia de fricción.

- Estos valores, a tenor de los ensayos hidrodinámicos efectuados en su día, permiten afirmar que para el rango de velocidad del buque de 13-15 nudos es esperable una reducción de la potencia propulsora del 2,5%.

- La evaluación de las prestaciones de esta protección del casco se llevará a cabo durante los primeros años de explotación del buque de una forma directa, por lo que se podrá comprobar cualitativa y cuantitativamente las ventajas prometidas por los fabricantes y establecer el plazo de amortización del mayor coste de esta pintura.

Agradecimientos.

Toda labor investigadora conlleva la participación de un nutrido grupo de investigadores que aportan su “granito de arena” en una labor que aborda diferentes facetas. El nutrido número de coautores del presente trabajo es una buena muestra ello. Sin embargo no son todos los que son, el técnico de laboratorio D. Juan Chacón pasó muchas horas en

posición horizontal en el carro de remolque para ver con detalle el comportamiento de las planchas y el equipo del Laboratorio de Soldadura de la ETSIN, liderado por el catedrático D. Francisco Molleda, colaboró para tener a punto el dispositivo de medida. Pero todo ello, no habría sido posible sin la inquietud de un astillero por la innovación, Astilleros ARMON VIGO, a todos ellos nuestro reconocimiento.

REFERENCIAS.

[1] J.F. Núñez Basáñez, L. Pérez Rojas, J.M. Paino Monsalve, F. Pérez Arribas, "El buque de cooperación pesquera, una iniciativa de la Administración para la pesca responsable y sostenible". 47º Congreso de Ingeniería Naval e Industria Marítima, Palma de Mallorca, Octubre 2008.

[2] E. Carrillo, J. Valle, "Reducción de la Resistencia de Fricción en Buques: un Problema Antiguo Actualizado por la crisis del Petróleo". Canal de experiencias Hidrodinámicas, El Pardo. Publicación nº 200, Octubre 2006.

[3] ANSYS, ANSYS CFX-Solver, Release 11.0: Modelling.

[4] CD-ADAPCO, USER GUIDE STAR-CCM+ Version 3.06.006.

[5] E. E. West, "Effect of Surface Preparation and repainting Procedures on the Friction Resistance of Old Ship Bottom Plates as Predicted from NSRDC Friction Plane Model 4125", Report 4084, Naval Ship Research Development Center (U.S.A.), 1973.

[6] Resistance Committee Report, Proceedings 25th International Towing Tank Conference, Volume 1, pp.21-68, Fukuoka, Japón, Septiembre 2008.

[7] L. Pérez Rojas, "Influencia de la Rugosidad en la Resistencia Viscosa Obtenida por Mediciones en el Estela", Tesis Doctoral, E.T.S.I. Navales, Universidad Politécnica de Madrid. 1981.

ASPECTOS NO LINEALES DE LA INESTABILIDAD DEL ROLL DE BUQUES EN MAR DE PROA

Marcelo A. S. NEVES[1], *Claudio A. RODRÍGUEZ*[2]
Programa de Engenharia Oceânica - COPPE / LabOceano, Univ. Federal de Rio de Janeiro
masn@peno.coppe.ufrj.br, claudiorc@peno.coppe.ufrj.br

Resumen

La resonancia paramétrica, es decir, la inestabilidad del movimiento de rolido del buque sin excitación directa de olas, es un fenómeno que viene preocupando mucho a la comunidad marítima internacional a raíz de graves accidentes causados por fuertes movimientos asociados a dicho fenómeno. En ese contexto, varios autores han propuesto diversos trabajos analíticos, numéricos y experimentales que aspiran a entender la dinámica de dicho fenómeno y conseguir predecirla, para luego establecer e incorporar nuevos criterios de evaluación para la estabilidad de buques. Como parte de los esfuerzos en el estudio del rolido paramétrico, los Autores han desarrollaron un modelo matemático no lineal capaz de reproducir condiciones de roll paramétrico intenso, bajo las cuales la mayoría de los modelos matemáticos existentes no es exitosa. La principal diferencia entre esas modelaciones está en que la modelación de los Autores considera los movimientos de heave y pitch acoplados no linealmente con el movimiento de roll, y viceversa. Esta característica se ha mostrado determinante en la comparación de las series temporales numéricas con las experimentales, tal como reportado en trabajos anteriores por Neves y Rodríguez (2005, 2006).

Sin embargo, debido a la complejidad observada en la dinámica del roll paramétrico se hace necesario investigar algunos aspectos intrínsecos a las no linealidades del sistema. El presente trabajo tiene como objetivos explorar las influencias de los acoplamientos entre los movimientos, de las condiciones iniciales, así como la importancia de éstas en el dominio de la frecuencia. Se analiza la estabilidad del rolido usando límites de estabilidad obtenidos a partir de la solución numérica de las ecuaciones de movimiento no lineales. Estos nuevos límites permiten concluir que en la reproducción del rolido paramétrico intenso es imprescindible la introducción de acoplamientos no lineales, no sólo en la ecuación de rolido, sino también en las de heave y pitch, alertando también para el control de condiciones iniciales que pueden conllevar al buque a diferentes comportamientos.

---

[1] *Ph.D., Profesor Principal, Programa de Ingeniería Oceánica, LabOceano-COPPE/UFRJ*
[2] *M.Sc., Alumno de Doctorado, Programa de Ingeniería Oceánica, LabOceano-COPPE/UFRJ*

1. INTRODUCCIÓN

En olas longitudinales es posible observar el desarrollo de movimientos intensos de roll que no son causados por la excitación directa del mar, y sí por un mecanismo de excitación interna responsable por la denominada excitación paramétrica.

Específicamente, en mar de proa, una condición considerada hasta hace poco tiempo bastante segura, varios incidentes de excitación paramétrica han sido reportados en diferentes tipos de buques: portacontenedores (France et al., 2003), cruceros (Luth y Dallinga, 1999), RoRo (Hua et al., 1992), PCTC (Palmquist y Nygren, 2004), pesqueros, (Neves et al., 2002), generando preocupación en la comunidad marítima internacional y motivando la revisión de los actuales criterios de estabilidad de la OMI.

La modelación matemática más usada en el estudio del roll paramétrico se basa en la ecuación de Mathieu. Sin embargo, debido a la deficiencia de esa modelación en las simulaciones de roll paramétrico intenso, ese tipo de modelación no puede ser adoptado en la creación de criterios universales para la identificación y predicción de la resonancia paramétrica. A fin de simular el roll paramétrico en pesqueros, donde experimentalmente han sido observados grandes ángulos de roll, Neves y Rodríguez (2005, 2006) propusieron una modelación no lineal de tercer orden que se encaja en la forma más general de una ecuación de Hill y no de Mathieu. Esta última modelación se ha mostrado capaz de reproducir las situaciones de roll paramétrico en las que la modelación de Mathieu no consigue. Como parte de la exploración de las características de la modelación propuesta, Neves y Rodríguez (2006) estudiaron y compararon los límites de estabilidad analíticos para las respuestas en roll obtenidas tanto a partir de la ecuación de Mathieu como de la de Hill. En ese trabajo, a pesar de las simplificaciones consideradas (propias de la analiticidad), fue posible explicar fenómenos como la pérdida de la sintonía principal de la resonancia paramétrica en amplitudes moderadas de ola, el aparecimiento de fronteras superiores en las regiones de inestabilidad y la asimetría de éstas en relación a las sintonías principales de Mathieu.

Con el objetivo de explorar aún más el estudio de la modelación de Neves y Rodríguez (2005, 2006) y de contribuir con las propuestas en los estudios *benchmark* convocados por la OMI, el presente trabajo analiza la influencia de las no linealidades del tercer orden, particularmente, la relevancia de los acoplamientos entre los modos verticales (normalmente no considerados) y el roll. Para investigar esos efectos, se calculan los límites de estabilidad del roll a partir de la solución numérica de la ecuación de movimiento no lineal. Esos límites se obtienen haciendo una variación sistemática de la frecuencia de encuentro y de la amplitud

de ola. Esta nueva forma de obtención de los límites de estabilidad, cuando comparada con el tratamiento analítico, es más realista, además de presentar una característica innovadora: un mapeamiento con colores que identifica el nivel de las amplitudes de roll paramétrico dentro de las zonas de inestabilidad. También es investigada la dependencia de condiciones iniciales en el desarrollo del roll paramétrico.

2. ECUACIONES DE MOVIMIENTO

Para describir los movimientos del buque son usados dos sistemas de referencia. Un sistema de referencia inercial (C,x,y,z) considerado fijo en la posición media del buque (definida por la velocidad de avance U del buque). El otro sistema de referencia ($O,\bar{x},\bar{y},\bar{z}$) es fijo al buque. El plano $\overline{xy}$ de ese sistema coincide con el plano de flotación del buque en el equilibrio inicial en la superficie libre no perturbada. El eje pasa por la vertical que contiene el centro de gravedad del buque. Ambos sistemas coinciden cuando no hay excitación externa. χ denota el ángulo de incidencia de las olas en relación al rumbo del buque.

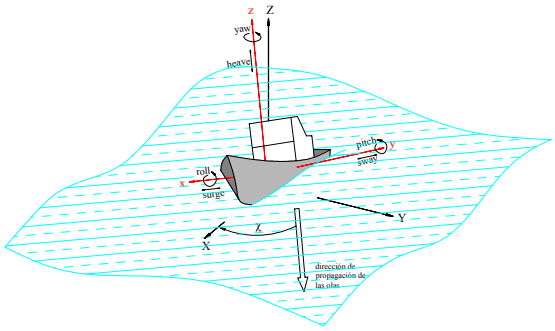


Fig. 1 – Sistemas de referencia

Las ecuaciones no lineales de movimiento considerando tres grados de libertad restaurativos pueden ser expresadas en forma matricial usando el vector de desplazamientos, $\vec{s}$:

$$\vec{s}(t) = \left[z(t) \quad \phi(t) \quad \theta(t)\right]^T$$

que define el movimiento translacional de heave y los modos angulares de roll y pitch, tal como mostrado en la figura 1:

$$(\tilde{M}+\tilde{A})\ddot{\vec{s}} + \tilde{B}(\dot{\phi})\dot{\vec{s}} + \vec{c}_{res}(\vec{s},\zeta) = \vec{c}_{ext}(\zeta,\xi,\dot{\xi}) = \vec{c}_{ext(FK)}(\zeta) + \vec{c}_{ext(Dif)}(\zeta,\xi)$$

$$= [Z_W(t) \quad K_W(t) \quad M_W(t)]^T \qquad (1)$$

La matriz de inercia $\tilde{M}$ es una matriz diagonal 3x3 cuyos elementos son: la masa del buque, m, y los momentos de inercia de masa en roll y pitch, J_{xx} y J_{yy}, respectivamente, ambos en relación al origen del sistema de referencia adoptado. Los elementos de la matriz $\tilde{A}$

representan los coeficientes hidrodinâmicos de masa adicional, asumidos lineales. Los términos $\widetilde{B}(\dot{\phi})$ describen los coeficientes de las reacciones hidrodinámicas dependientes de las velocidades del buque, y pueden incorporar términos no lineales en la ecuación de roll. El vector $\vec{C}_{res}(\vec{s},\zeta)$ describe las fuerzas y momentos de restauración no lineales resultantes de los cambios periódicos del volumen sumergido del casco causadas tanto por los movimientos del buque como por el pasaje del perfil de la ola $\zeta(t)$ a lo largo del casco. En el lado derecho de la ecuación (1), el vector $\vec{C}_{ext}(\zeta,\dot{\zeta},\ddot{\zeta})$ representa la excitación externa debido puramente a las olas, es decir, independe de los movimientos del buque, y es usualmente referido en la literatura como la suma de los términos de excitación de Froude-Krylov y de difracción. Estos términos dependen de la incidencia de la ola χ, de la frecuencia de encuentro ω_e, de la amplitud de ola A_W y del tiempo t. En el caso de olas longitudinales no existe excitación externa en roll, i.e., $K_W(t)=0$. Las ecuaciones de movimiento en su forma escalar pueden ser expresadas así:

$$\begin{aligned}&(m+Z_{\ddot{z}})\ddot{z}+Z_{\dot{z}}\dot{z}+Z_{\ddot{\theta}}\ddot{\theta}+Z_{\dot{\theta}}\dot{\theta}+Z_z z+Z_\theta\theta+\frac{1}{2}Z_{zz}z^2+\frac{1}{2}Z_{\phi\phi}\phi^2+\frac{1}{2}Z_{\theta\theta}\theta^2+Z_{z\theta}z\theta+\frac{1}{6}Z_{zzz}z^3\\&+\frac{1}{2}Z_{zz\theta}z^2\theta+\frac{1}{2}Z_{\phi\phi z}\phi^2 z+\frac{1}{2}Z_{\phi\phi\theta}\phi^2\theta+\frac{1}{2}Z_{\theta\theta z}\theta^2 z+\frac{1}{6}Z_{\theta\theta\theta}\theta^3+Z_{\zeta z}(t)z+Z_{\zeta\theta}(t)\theta+Z_{\zeta\zeta z}(t)z+Z_{\zeta zz}(t)z^2\\&+Z_{\zeta\zeta\theta}(t)\theta+Z_{\zeta z\theta}(t)z\theta+Z_{\phi\phi\zeta}(t)\phi^2+Z_{\theta\theta\zeta}(t)\theta^2=Z_w(t)\end{aligned}\tag{2a}$$

$$\begin{aligned}&(J_{xx}+K_{\ddot{\phi}})\ddot{\phi}+K_{\dot{\phi}}\dot{\phi}+K_{\dot{\phi}|\dot{\phi}|}\dot{\phi}|\dot{\phi}|+K_\phi\phi+K_{z\phi}z\phi+K_{\phi\theta}\phi\theta+\frac{1}{2}K_{zz\phi}z^2\phi+\frac{1}{6}K_{\phi\phi\phi}\phi^3+\frac{1}{2}K_{\theta\theta\phi}\theta^2\phi+K_{z\phi\theta}z\phi\theta\\&+K_{\zeta\phi}(t)\phi+K_{\zeta\zeta\phi}(t)\phi+K_{\zeta z\phi}(t)z\phi+K_{\zeta\phi\theta}(t)\phi\theta=K_w(t)\end{aligned}\tag{2b}$$

$$\begin{aligned}&(J_{yy}+M_{\ddot{\theta}})\ddot{\theta}+M_{\dot{\theta}}\dot{\theta}+M_{\ddot{z}}\ddot{z}+M_{\dot{z}}\dot{z}+M_z z+M_\theta\theta+\frac{1}{2}M_{zz}z^2+\frac{1}{2}M_{\phi\phi}\phi^2+\frac{1}{2}M_{\theta\theta}\theta^2+M_{z\theta}z\theta+\frac{1}{6}M_{zzz}z^3\\&+\frac{1}{2}M_{zz\theta}z^2\theta+\frac{1}{2}M_{\phi\phi z}\phi^2 z+\frac{1}{2}M_{\phi\phi\theta}\phi^2\theta+\frac{1}{2}M_{\theta\theta z}\theta^2 z+\frac{1}{6}M_{\theta\theta\theta}\theta^3+M_{\zeta z}(t)z+M_{\zeta\theta}(t)\theta+M_{\zeta\zeta z}(t)z+M_{\zeta zz}(t)z^2\\&+M_{\zeta\zeta\theta}(t)\theta+M_{\zeta z\theta}(t)z\theta+M_{\phi\phi\zeta}(t)\phi^2+M_{\theta\theta\zeta}(t)\theta^2=M_w(t)\end{aligned}\tag{2c}$$

La derivación de los términos de restauración no lineales hasta el tercer orden es discutida en el Apéndice A. Neves y Rodríguez (2005) mostraron que la modelación matemática presentada encima es capaz de reproducir amplificaciones paramétricas intensas de roll en buques pesqueros. En seguida, presentaremos el estudio de los límites de estabilidad, basados en las ecuaciones de movimiento anteriores, aplicadas numéricamente para un pesquero de popa tipo espejo denominado *TS*, descrito y analizado en detalle en Neves *et al.* (2002).

3. LÍMITES DE ESTABILIDAD – METODOLOGÍA ANALÍTICA

La ecuación variacional lineal de roll usada en la obtención de los límites de estabilidad

analíticos fue derivada por Neves y Rodríguez (2005) y es dada por:

$$\left(J_{xx} + K_{\ddot{\phi}}\right)\ddot{\varphi} + B_e\dot{\varphi} + \left[K_{\phi} + R_0 \quad + R_1\cos\left(\omega_e t + \tau_1\right) + R_2\cos\left(2\omega_e t + \tau_2\right)\right]\varphi = 0 \tag{3}$$

donde R_0, R_1, y R_2 son los coeficientes de restauración independientes del tiempo, τ_1 y τ_2, son las fases de los momentos restauradores periódicos relativos a la ola. Al contrario del modelo de segundo orden, donde la ecuación variacional resultante es del tipo Mathieu, en el modelo de tercer orden se obtiene una ecuación del tipo Hill. De hecho, en la ecuación (3) puede observarse que, además de los términos de Mathieu, aparecen dos contribuciones adicionales. Estos nuevos términos, como ya explicado en trabajos anteriores de los Autores, dan origen a características no lineales bastante interesantes en el análisis de la estabilidad de la ecuación variacional de roll: la rigidez no lineal y la excitación paramétrica bi-armónica.

Los límites de estabilidad correspondientes a la ecuación de Hill fueron derivados por Hsu (1963). Para el caso de las ecuaciones de Neves y Rodríguez (2006), estos son mostrados en detalle en el Apéndice B. Las figs. 2 y 3 muestran los límites de estabilidad analíticos del pesquero *TS* para dos velocidades de avance. Este tipo de metodología (analítica) permite hacer el análisis cualitativo de la dinámica del sistema y obtener algunas conclusiones del movimiento de roll descrito por el modelo de tercer orden.

La primera región de inestabilidad ($\omega_e/\omega_{n4} = 2$) es la más ancha y, por tanto, potencialmente más peligrosa que la región subsecuente, como ya observado por Blocki (1980), Skomedal (1982), y otros, en el análisis de las ecuaciones tipo Mathieu.

En el modelo de segundo orden la rigidez es directamente proporcional al valor del *GM*. En el modelo de tercer orden, hay una contribución adicional de naturaleza no lineal (R_0) que depende cuadráticamente de la amplitud de la ola.

Esa contribución aperiódica es resultante de los cambios paramétricos en la restauración causados por el movimiento vertical y el pasaje de la ola a lo largo del casco. Este efecto puede ser evaluado por medio de la hidrostática en olas (Paulling, 1961, Neves y Rodríguez, 2005, 2006).

Un sistema más rígido se manifiesta como una menor amplitud de variación armónica de la restauración en relación al momento restaurador en aguas tranquilas (rigidez inicial), reduciendo así la sensibilidad del sistema dinámico a la resonancia paramétrica. Esta tendencia ya ha sido observada por Skomedal (1982) en el análisis de sistemas numéricos.

Otras características relevantes, intrínsecas al modelo de tercera orden, son:

a) Inclinación hacia la derecha de las curvas-límites de estabilidad causada por el aumento de

la rigidez no lineal del sistema. Como esperado, este efecto es más notorio a medida que las olas son mayores en altura.

b) La sintonía principal de la primera región de inestabilidad, que en el modelo de segundo orden es definida por $\omega_e/\omega_{n4} = 2$ y representada por una línea vertical, en el modelo de tercer orden es dada por una curva tipo espina dorsal definida por $\omega_e/\omega_4 = 2$, donde ω_4 es la frecuencia de oscilación no lineal del sistema en olas. En olas de gran amplitud, la curva de sintonía principal se curva hacia la derecha, introduciendo una "desintonía" en el sistema, que aumenta con el cuadrado de la amplitud de la ola.

c) Áreas reducidas de inestabilidad cuando comparadas con las obtenidas con el modelo de Mathieu, principalmente como consecuencia de la mayor rigidez (no lineal). Debe observarse que en algunos casos, como mostrado en las figs. 2(a) y 2(b), las áreas de inestabilidad pueden presentar fronteras superiores como consecuencia de la curvatura hacia la derecha de las curvas-límites de estabilidad. Esto implica que para una dada frecuencia, encima de un cierto nivel de amplitud de ola, el incremento en la rigidez compensa el incremento de la amplitud de la excitación paramétrica.

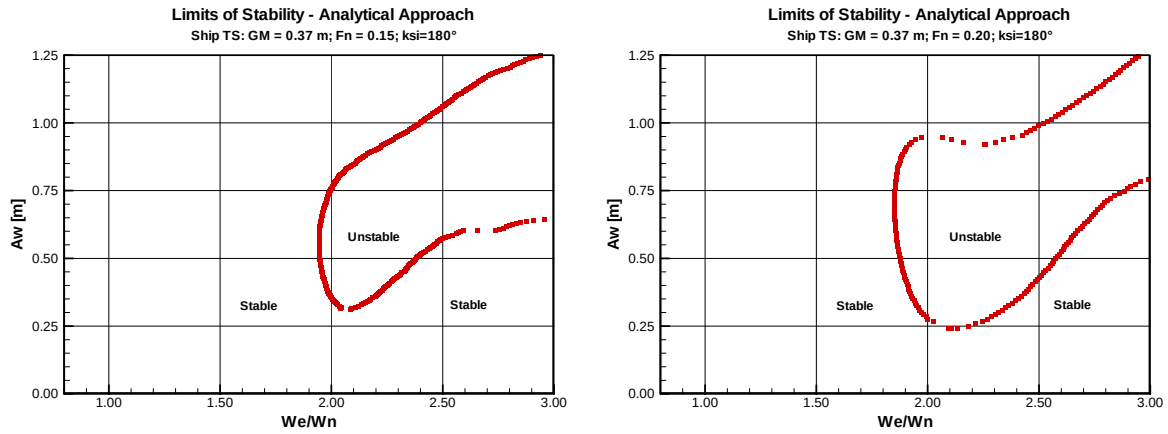


Fig. 2 – Metodología analítica: (a) *Fn*=0.15; (b) *Fn*=0.20

4. LÍMITES DE ESTABILIDAD – METODOLOGÍA NUMÉRICA

Una forma alternativa de calcular las regiones de inestabilidad del roll paramétrico es resolver las ecuaciones no lineales de movimiento, ecs. (2), para un conjunto grande de amplitudes de ola (A_w) y factores de sintonía ω_e/ω_{n4} (frecuencia de encuentro/frecuencia natural de roll) que pueden ser variados sistemáticamente. Así, toda vez que la inestabilidad paramétrica aparece (amplificación del movimiento de roll), un ponto es plotado en el plano $A_w - \omega_e/\omega_{n4}$. Con el objetivo de mostrar el nivel de amplificación del roll en las regiones de inestabilidad, fue

adoptado un sistema de identificación de colores por rangos en función de la amplitud máxima alcanzada.

A pesar de que este tipo de metodología demanda más esfuerzo computacional, tiene la ventaja de permitir conocer las regiones de inestabilidad no apenas cualitativa, sino también cuantitativamente. A partir de este método alternativo pueden adoptarse dos metodologías numéricas diferentes: una asumiendo la ecuación de movimiento de roll desacoplada, y otra considerando las ecuaciones de movimiento del buque en 3 grados de libertad (GDL) acoplando heave, roll y pitch.

Movimiento de roll desacoplado

En esta metodología se considera que el movimiento de roll está desacoplado de los modos verticales, los cuales son asumidos como funciones armónicas lineales. Ya la ecuación que describe el movimiento de roll es considerada con todos los términos no lineales mostrados en la ec. (2b). Este tipo de metodología numérica es equivalente a las modelaciones numéricas normalmente encontradas en la literatura en el estudio de la resonancia paramétrica. La aplicación de esta metodología al caso del pesquero *TS* mostró áreas de inestabilidad bastante similares a las obtenidas con la metodología analítica.

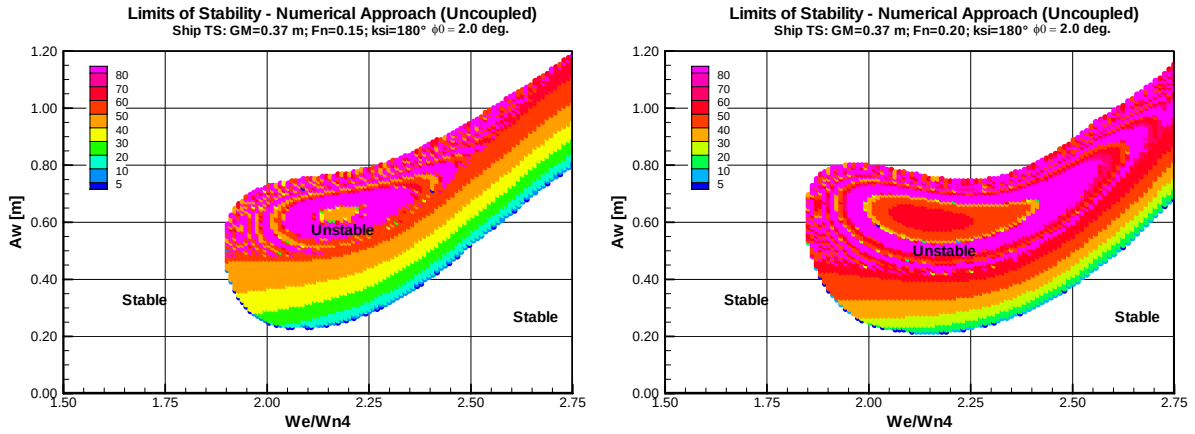


Fig. 3 – Metodología numérica desacoplada: (a) *Fn*=0.15; (b) *Fn*=0.20

Matemáticamente, la única diferencia entre la ecuación no lineal de roll desacoplada y la ecuación variacional lineal de roll (metodología analítica) son los términos de restauración no lineal puros de roll (en la variacional lineal, éstos son nulos). Como puede percibirse de las figuras 3(a) y 3(b), la forma y posición de las regiones de inestabilidad (numéricas desacopladas) coinciden bastante bien con las de la metodología analítica. Esto indicaría que las no linealidades puras de roll tienen poca o ninguna influencia en estas características de

los límites. Por otro lado, los resultados de las amplificaciones de roll dentro de las áreas inestables son informaciones útiles, disponibles apenas en la metodología numérica.

Movimiento de roll acoplado (3 GDL)

Una forma más refinada y realista de obtener los límites de estabilidad es resolver numéricamente las ecuaciones no lineales de movimiento para tres grados de libertad, ecs. (2), y plotar las respuestas de la misma forma mostrada en la sección anterior. Esta metodología más completa, cuando aplicada a las mismas condiciones simuladas encima para el buque TS, resulta en los límites de estabilidad mostrados en las figs. 4(a) y 4(b).

En general, la forma y posición de la primera región de inestabilidad ($\omega_e = 2\omega_{n4}$) obtenida con la metodología numérica de 3 GDL se adhieren bien a las metodologías previas. Sin embargo, cuando comparados los límites de las figs. 3(a) y 3(b) con los correspondientes de las figuras 4(a) y 4(b), se observan diferencias substanciales en los mapeamientos de las amplitudes del roll paramétrico en las dos velocidades de avance. Tales diferencias reflejan la influencia de las no linealidades en el heave y en el pitch que, en general, tienden a controlar la magnitud de las amplificaciones paramétricas.

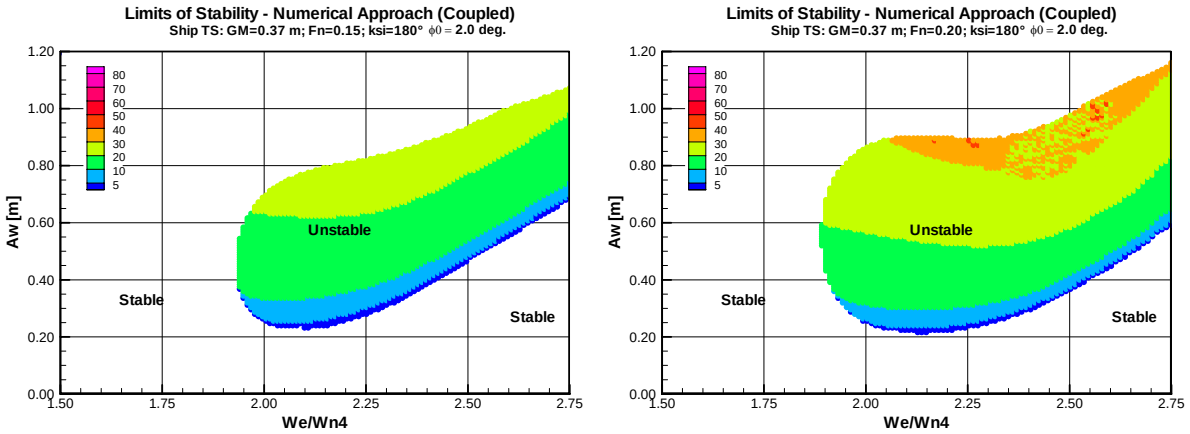


Fig. 4 – Metodología numérica 3 GDL (ϕ_0 = 2º): (a) *Fn*=0.15; (b) *Fn*=0.20

En lo que se refiere a la concavidad en la región de inestabilidad para *Fn*=0.20, ya observada en la figura 3(b), se confirma su existencia, llamando la atención de los lectores para el riesgo de obtención de respuestas más críticas en frecuencias mayores que las de la sintonía principal de Mathieu, inclusive para amplitudes de ola bien menores.

5. ANÁLISIS DEL ACOPLAMIENTO EN LA RESTAURACIÓN DE ROLL

La fig. 5 muestra las series temporales de los movimientos de heave, roll y pitch que

contribuyen en la variación temporal del momento restaurador de roll correspondiente a un punto del mapeamiento de la fig. 4(b). Debe notarse que, típicamente, para esa condición del buque la resonancia paramétrica no es producida sólo por el movimiento de pitch. El movimiento de heave también es bastante intenso, así la respuesta dinámica que prevalece es resultante de un problema completo de heave-roll-pitch.

Debido a los términos de tercer orden, aparecen super-armónicos en la serie temporal de la restauración de roll, como mostrado en la fig. 5.

Es interesante observar que para esta ola de gran amplitud, los movimientos de heave y pitch son claramente asimétricos. Otro fenómeno interesante es la reducción de la amplitud del pitch que ocurre cuando la amplificación paramétrica de roll aparece. Esto indicaría la capacidad del modelo acoplado de capturar la compleja transferencia de energía entre los modos: el roll se desarrolla debido a los modos verticales, con la amplificación del roll los movimientos verticales se reducen, indicando así que el nivel de energía global se mantiene.

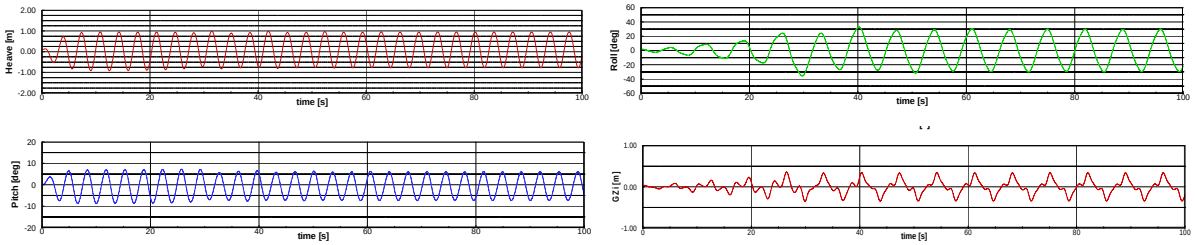


Fig. 5 – Series temporales de heave, roll, pitch y restauración de roll: buque *TS*, *GM*=0.37m; *Fn*=0.20; A_w=0.85 m; $\omega_e = 2.106\omega_{n4}$

Influencia de la amplitud de ola

La fig. 6(a) muestra las amplitudes de roll en función de la amplitud de ola para tres sintonías próximas a la sintonía principal de Mathieu $\omega_e=2.0\omega_{n4}$ correspondientes a las condiciones descritas en el mapeamiento de la figura 4(b). Nuevamente, para grandes amplitudes de ola (extremo derecho del gráfico) son observados cambios abruptos en las respuestas de roll, lo que indica la existencia de una bifurcación en las amplitudes de ola mayores. Los límites de estabilidad inferiores y superiores son, por tanto, regiones de comportamientos substancialmente diferentes, hecho que no quedaba aparente en la metodología analítica discutida anteriormente.

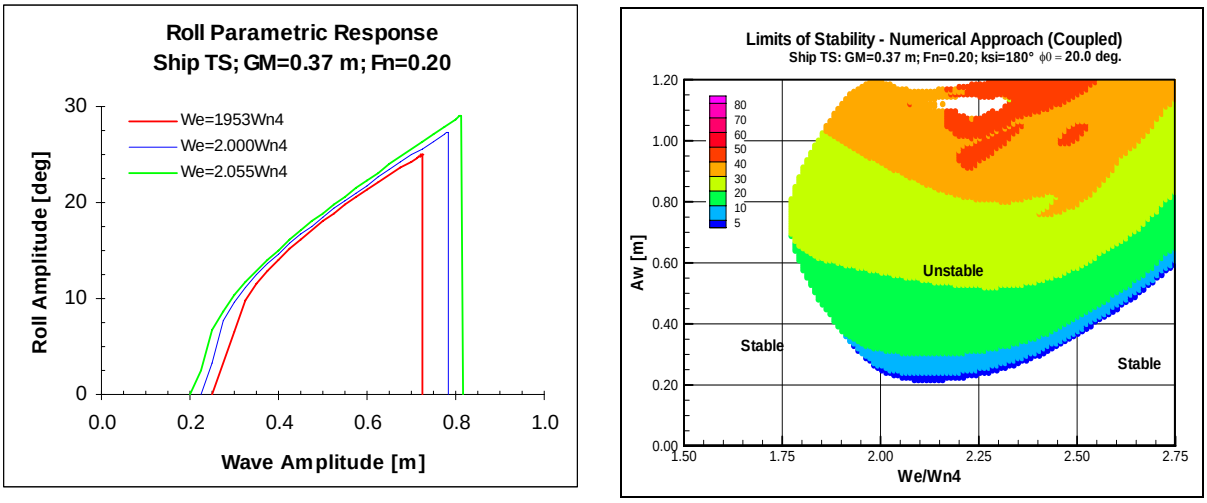


Fig. 6 – (a) Salto en roll, *Fn*=0.20; (b) Metod. Numérica 3 GDL, *Fn*=0.20 (ϕ_0=20º)

Influencia de las condiciones iniciales

Es posible calcular los límites de estabilidad para diferentes condiciones iniciales, e identificar aquellas que generan amplitudes de roll paramétrico diferentes. Este fenómeno indicaría la posibilidad de ocurrir el efecto salto, bifurcación o aún caos. La fig. 6(b) ilustra los límites de estabilidad para las mismas condiciones mostradas en la fig. 4(b), pero considerando una condición inicial de roll de 20°.

Queda claro que la primera influencia de las condiciones iniciales es modificar el tamaño de las regiones de inestabilidad. En el caso ilustrado en la fig. 6(b), la primera región de inestabilidad es más grande que la observada en la fig. 4(b) (creciendo para arriba y para la izquierda). Esta región adicional de inestabilidad denota una zona de susceptibilidad a las condiciones iniciales. Luego, la exploración de esta zona deberá ser prioritaria para la investigación de comportamientos típicamente no lineales.

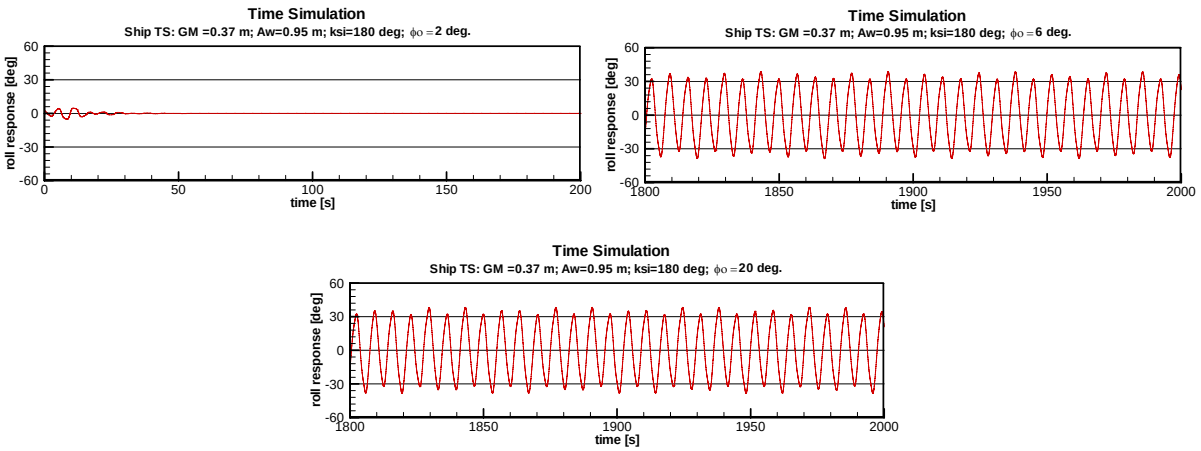


Fig. 7 – Series temporales, *Fn*=0.20: (a) ϕ_0 = 2º; (b) ϕ_0 = 6º; (c) ϕ_0 = 20º

En las figuras 7(a) - 7(c) se ilustran las series temporales para tres condiciones iniciales diferentes de roll para el caso del buque TS en Fn=0.20, A_w=0.95 m y $\omega_e = 2.158\omega_{n4}$. Como esperado, para este conjunto de parámetros, diferentes condiciones iniciales resultan en respuestas de roll substancialmente diferentes. Para las condiciones iniciales pequeñas no fue observada amplificación paramétrica, como fue mostrado en los límites de estabilidad para ϕ_0=2º en la fig. 4(b). Para la condición inicial de roll de 6º, el roll paramétrico se desarrolla de forma errática – no hay una única amplitud. Así, se torna necesario analizar el diagrama de fase a fin de identificar si hay respuesta multiperiódica o si hay la posibilidad de ocurrir caos. Las figs. 8(a)–8(c) muestran los diagramas de fase para las condiciones iniciales de las series temporales de las figs. 7(a) – 7(c), respectivamente.

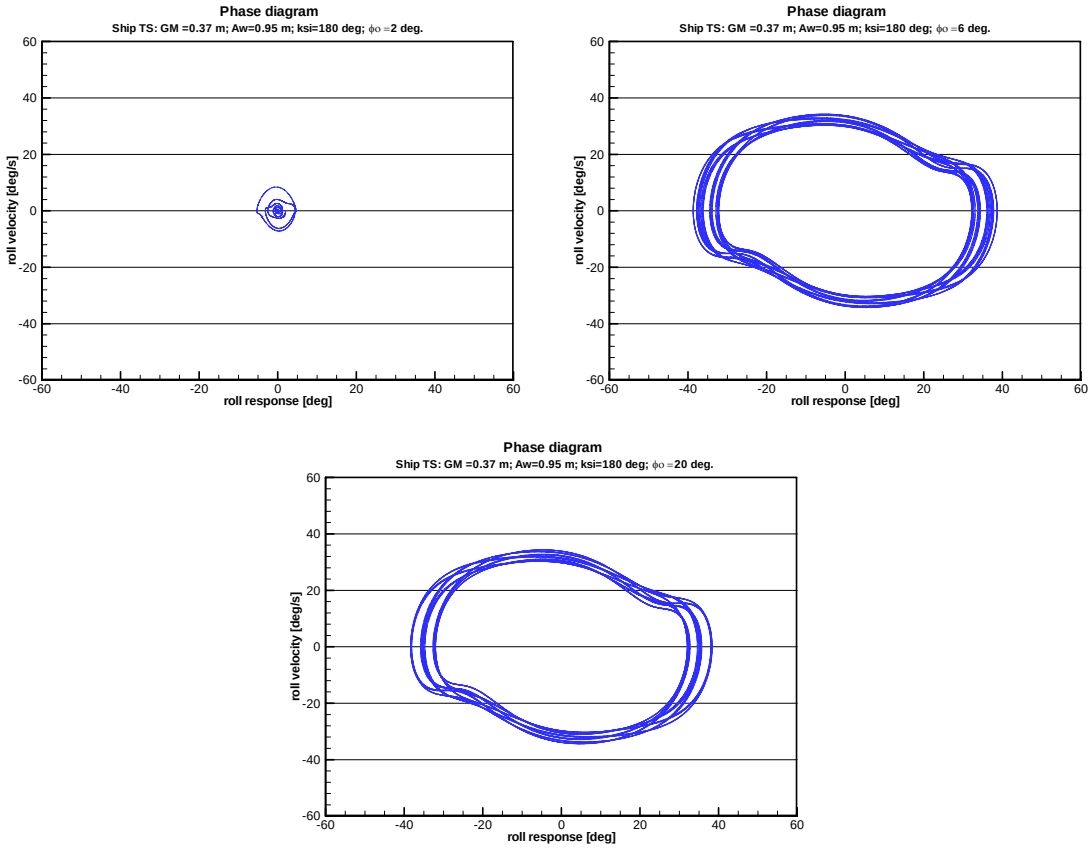


Fig. 8 – Diagramas de fase, Fn=0.20: (a) ϕ_0 = 2º; (b) ϕ_0 = 6º; (c) ϕ_0 = 20º

Claramente, se nota que la respuesta para la condición inicial pequeña es estable y NO desarrolla roll paramétrico. En otras palabras, la respuesta es atraída por un atractor punto fijo, que en este caso corresponde a un atractor de roll paramétrico nulo. Para condiciones iniciales grandes, las respuestas son atraídas por un "atractor difícil de identificar". Sólo puede decirse que no se trata de un atractor punto fijo o un atractor ciclo límite. Tal vez se trata de un

atractor extraño o inclusive un atractor caótico. Sin embargo, una respuesta definitiva sólo puede darse con base en un análisis no lineal más específica, como por ejemplo, análisis de bifurcaciones, mapeamientos de Poincaré, exponentes de Lyapunov, etc. (Guckenheimer y Holmes, 1983, Seydel, 1988, Liaw et al., 1993).

6. CONCLUSIONES

El presente trabajo investigó exhaustivamente el modelo no lineal de tercer orden (desarrollado por los Autores, 2005) dentro de una perspectiva de diferentes metodologías para el cálculo de los límites de estabilidad del roll. Fueron presentadas tres metodologías: una analítica, una numérica que considera el roll desacoplado, y otra también numérica con 3 GDL. La metodología analítica es la de implementación más simple y permite hacer una evaluación cualitativa rápida de la estabilidad del roll, pero no permite hacer un análisis cuantitativo del nivel de amplificación paramétrica alcanzado. Por otro lado, la metodología numérica 3 GDL, es la que más demanda tiempo computacional, pero incorpora estrictamente las ecuaciones no lineales de movimiento en heave, roll y pitch, permitiendo un análisis cualitativo y cuantitativo más realista y confiable de la dinámica del roll paramétrico.

La aplicación y comparación entre sí de esas tres metodologías al caso de un buque pesquero (comprobadamente susceptible a la resonancia paramétrica) permiten concluir que:

- La metodología analítica es una buena aproximación en la determinación de la extensión y posición de las zonas de inestabilidad.
- Las metodologías numéricas, además de permitir la evaluación cualitativa da estabilidad, muestran las amplitudes de roll paramétrico alcanzadas.
- La metodología numérica con el roll desacoplado indica que la influencia de las no linealidades puras en roll tienen poca o ninguna importancia en la forma y extensión de los límites de estabilidad.
- La metodología numérica en 3 GDLs. deja en evidencia la gran importancia que los términos de acoplamiento entre los modos verticales y el roll tienen en el nivel de amplificación paramétrica alcanzado. La no inclusión de esos acoplamientos puede inducir a estimativas erradas de las amplitudes de respuesta.
- Condiciones iniciales pueden estimular el aumento del área de las zonas inestables.

Finalmente, se verificó más una vez el carácter complejo de la predicción de la resonancia paramétrica, dejando evidente la dificultad de establecer criterios de estabilidad puramente prescriptivos, por tanto, sustentando la necesidad de criterios basados en el desempeño.

Apéndice A

Acciones restaurativas no lineales

Las acciones (fuerzas y momentos) dependientes de la posición (desplazamientos relativos) resultan de la acción combinada dos movimientos del buque y la elevación de la ola a lo largo del casco, y pueden ser expresos formalmente en expansiones de series de Taylor en torno de la posición media del buque. Con este objetivo, es conveniente definir un vector generalizado $\vec{q} = [\vec{s}, \zeta]^T$ tal que esas acciones, hasta el tercer orden sean dadas por:

$$\vec{C}_{pos} = \sum_{i=1}^{4} \left. \frac{\partial \vec{C}_{pos}}{\partial q_i} \right|_0 q_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{4} \sum_{j=1}^{4} \left. \frac{\partial^2 \vec{C}_{pos}}{\partial q_i \partial q_j} \right|_0 q_i q_j + \frac{1}{6} \sum_{i=1}^{4} \sum_{j=1}^{4} \sum_{k=1}^{4} \left. \frac{\partial^3 \vec{C}_{pos}}{\partial q_i \partial q_j \partial q_k} \right|_0 q_i q_j q_k \qquad \text{(A-1)}$$

La elevación da ola no perturbada, según la Teoría lineal de Airy, puede ser definida como:

$$\zeta(x, y, t; \chi) = A_w \cos[kx\cos(\chi) + ky\sin(\chi) - \omega_e t]$$

donde A_w es la amplitud de ola, k es el número de ola, definido por $k = 2\pi/\lambda$ con λ siendo la amplitud de ola, χ es la incidencia de ola y ω_e es la frecuencia de encuentro, definida como $\omega_e = \omega_w - kU\cos\chi$. En olas longitudinales, la ecuación de la ola es dada por:

$$\zeta(x, t) = A_w \cos[kx + \omega_e t]$$

Es importante notar en la ecuación (A-1) que los términos de primer, segundo y tercer orden independientes de $\vec{s} = [z \quad \phi \quad \theta]^T$ pueden ser organizados más convenientemente en el lado derecho de la ec. (1) del texto principal. Siguiendo el formalismo de la ec. (A-1):

$$\vec{C}_{ext(FK)}(\zeta) = \left. \frac{\partial \vec{C}_{pos}}{\partial \zeta} \right|_0 \zeta + \frac{1}{2} \left. \frac{\partial^2 \vec{C}_{pos}}{\partial \zeta^2} \right|_0 \zeta^2 + \frac{1}{6} \left. \frac{\partial^3 \vec{C}_{pos}}{\partial \zeta^3} \right|_0 \zeta^3 \qquad \text{(A-2)}$$

Estos términos representan las fuerzas/momentos de excitación de Froude-Krylov lineales y no lineales que aparecen en el vector de fuerzas $\vec{C}_{ext}(\zeta, \dot{\zeta}, \ddot{\zeta})$ en el lado derecho de la ec. (1) (texto principal), donde están todos los términos independientes de los movimientos del buque, vector $\vec{s}$.

El vector $\vec{C}_{res}$ representa las acciones restaurativas no lineales, y corresponde a:

$$\vec{C}_{res} = \vec{C}_{pos}(z, \phi, \theta, \zeta) - \vec{C}_{ext(FK)}(\zeta) = [Z(t) \quad K(t) \quad M(t)]^T \qquad \text{(A-3)}$$

Queda claro que los movimientos de heave, roll y pitch están completamente acoplados entre sí. Se asume que las fuerzas y momentos de difracción de orden superior no son relevantes; por esta razón, en la presente modelación matemática las fuerzas y momentos de difracción son definidos como proporcionales al movimiento de ola de primer orden.

Ya los efectos no lineales resultantes de las interacciones ola-buque proporcionales a los desplazamientos relativos ola-buque de segundo y tercer orden, debido a su afinidad matemática con los términos puramente hidrostáticos, son considerados en el lado izquierdo de las ecuaciones de movimiento (ecs. 3 del texto principal), y son denominados efectos de pasaje de ola (en la excitación paramétrica).

Apéndice B

Límites de estabilidad analíticos

El análisis de estabilidad de la ecuación de Hill es presentado por Hsu (1963), y cuando aplicado a la ec. (3) del texto principal, aparecen dos regiones de inestabilidad, definidas por:

- **Primera región de estabilidad (s = 1):**

$$2\omega_4 + \frac{A_w}{2\omega_4}\left[(d_{44}^{(1)})^2 + (e_{44}^{(1)})^2 - 4\omega_4^2 (f_{44}^{(0)})^2\right]^{\frac{1}{2}} > \omega_e > 2\omega_4 - \frac{A_w}{2\omega_4}\left[(d_{44}^{(1)})^2 + (e_{44}^{(1)})^2 - 4\omega_4^2 (f_{44}^{(0)})^2\right]^{\frac{1}{2}} \tag{B-1}$$

- **Segunda región de estabilidad (s = 2):**

$$\omega_4 + \frac{A_w}{4\omega_4}\left[(d_{44}^{(2)})^2 + (e_{44}^{(2)})^2 - 4\omega_4^2 (f_{44}^{(0)})^2\right]^{\frac{1}{2}} > \omega_e > \omega_4 - \frac{A_w}{4\omega_4}\left[(d_{44}^{(2)})^2 + (e_{44}^{(2)})^2 - 4\omega_4^2 (f_{44}^{(0)})^2\right]^{\frac{1}{2}} \tag{B-2}$$

donde:

$$d_{44}^{(1)} = \frac{\left[K_{z\phi}\eta_3 \cos(\alpha_z) + K_{\phi\theta}\eta_5 \cos(\alpha_\theta) + K_{\zeta\phi c}\right]}{(J_{xx} + K_{\ddot{\phi}})} \qquad e_{44}^{(1)} = \frac{\left[-K_{z\phi}\eta_3 \sin(\alpha_z) - K_{\phi\theta}\eta_5 \sin(\alpha_\theta) + K_{\zeta\phi s}\right]}{(J_{xx} + K_{\ddot{\phi}})}$$

$$d_{44}^{(2)} = \frac{A_w}{(J_{xx} + K_{\ddot{\phi}})}\left[\frac{1}{4}K_{zz\phi}\eta_3^2 \cos(2\alpha_z) + \frac{1}{4}K_{\theta\theta\phi}\eta_5^2 \cos(2\alpha_\theta) + \frac{1}{2}K_{z\phi\theta}\eta_3\eta_5 \cos(\alpha_z + \alpha_\theta)\right.$$

$$\left. + \frac{\eta_3}{2}\left[K_{\zeta z\phi c}\cos(\alpha_z) + K_{\zeta z\phi s}\sin(\alpha_z)\right] + \frac{\eta_5}{2}\left[K_{\zeta\theta\phi c}\cos(\alpha_\theta) + K_{\zeta\theta\phi s}\sin(\alpha_\theta)\right] + \quad K_{\zeta\zeta\phi c}\right]$$

$$e_{44}^{(2)} = \frac{A_w}{(J_{xx} + K_{\ddot{\phi}})}\left[-\frac{1}{4}K_{zz\phi}\eta_3^2 \sin(2\alpha_z) - \frac{1}{4}K_{\theta\theta\phi}\eta_5^2 \sin(2\alpha_\theta) - \frac{1}{2}K_{z\phi\theta}\eta_3\eta_5 \sin(\alpha_z + \alpha_\theta)\right.$$

$$\left. + \frac{\eta_3}{2}\left[-K_{\zeta z\phi c}\sin(\alpha_z) + K_{\zeta z\phi s}\cos(\alpha_z)\right] + \frac{\eta_5}{2}\left[-K_{\zeta\theta\phi c}\sin(\alpha_\theta) + K_{\zeta\theta\phi s}\cos(\alpha_\theta)\right] + \quad K_{\zeta\zeta\phi s}\right]$$

$$f_{44}^{(0)} = \frac{K_{\dot{\phi}}}{A_w\left(J_{xx} + K_{\ddot{\phi}}\right)} \qquad \omega_4 = \left[\omega_{n4}^2 + \omega_{m4}^2\right]^{1/2} \qquad \omega_{n4}^2 = \frac{K_{\phi}}{\left(J_{xx} + K_{\ddot{\phi}}\right)}$$

$$\omega_{m4}^2 = \frac{A_w^2}{\left(J_{xx} + K_{\ddot{\phi}}\right)}\left[\frac{1}{4}K_{zz\phi}\eta_3^2 + \frac{1}{4}K_{\theta\theta\phi}\eta_5^2 + \frac{1}{2}K_{z\phi\theta}\eta_3\eta_5\cos(\alpha_z - \alpha_\theta)\right.$$

$$\left. + \frac{\eta_3}{2}\left[K_{\zeta z\phi c}\cos(\alpha_z) - K_{\zeta z\phi s}\sin(\alpha_z)\right] + \frac{\eta_5}{2}\left[K_{\zeta\theta\phi c}\cos(\alpha_\theta) - K_{\zeta\theta\phi s}\sin(\alpha_\theta)\right] + \quad K_{\zeta\zeta\phi 0}\right]$$

En las expresiones arriba $\eta_3, \eta_5, \alpha_z, \alpha_\theta$ representan los operadores de respuesta de amplitud y fase de heave y pitch.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación fue auspiciado por CNPq y CAPES. Los Autores expresan su reconocimiento por el apoyo financiero.

REFERENCIAS

Blocki, W. (1980), "Ship Safety in Connection with Parametric Resonance of the Roll". International Shipbuilding Progress, vol. 27, no. 306, pp. 36-53.

France, W.N., Levadou, M., Treakle, T.W., Paulling, J.R., Michel, R.K., and Moore, C. (2003), "An Investigation of Head-Sea Parametric Rolling and its Influence on Container Lashing Systems", Marine Technology, vol. 40, no. 1, pp. 1-19.

Guckenheimer, J., Holmes, P. (1983), Nonlinear Oscillations, "Dynamical Systems, and Bifurcations of Vector Fields", Applied Mathematical Sciences, vol. 42, Springer-Verlag.

Hua, J. (1992), "A Study of the Parametrically Excited Roll Motion of la Ro-Ro-Ship in Following and Heading Waves", International Shipbuilding Progress, vol. 39, no. 420 (Dec), pp. 345-366.

Hsu, C.S. (1963), "On the Parametric Excitation of la Dynamic System Having Multiple Degrees of Freedom", Transactions of the ASME Journal of Applied Mechanics, vol. 30, no. 3 , pp. 367-372.

Liaw, C.Y., Bishop, S.R., and Thompson, J.M.T. (1993), "Heave-Excited Rolling Motion of a Rectangular Vessel in Head Seas", International Journal of Offshore and Polar Engineering, ISOPE, vol. 3, no. 1, pp. 26-31.

Luth, H.R., Dallinga, R.P. (1999), "Prediction of Excessive Rolling of Cruise Vessels in Head and Following Waves", In Proceedings of PRADS Conference.

Neves, M.A.S., Pérez, N., and Lorca, O. (2002), "Experimental Analysis on Parametric Resonance for Two Fishing Vessels in Head Seas", In: Proceedings of 6th International Ship Stability Workshop, Webb Institute, NY.

Neves, M.A.S., Rodríguez, C. (2005), “A Non-lineal Mathematical Model of Higher Order for Strong Parametric Resonance of the Roll Motion of Ships in Waves”, Marine Systems & Ocean Technology - Journal of SOBENA, Vol. 1 No. 2, pp. 69-81.

Neves, M.A.S., Rodríguez, C. (2006), “Limites de Estabilidade para o Movimento de Jogo de Navios em Mar de Proa”, In: Anais del 21° Congresso Nacional de Transportes Marítimos, Construção Naval e Offshore (SOBENA).

Palquimst, M., Nygren, C. (2004), “Recordings of Head-sea Parametric Rolling on la PCTC”, Annex of Report of Document SLF 47/6/6-IMO.

Paulling, J. R. (1961), “The Transverse Stability of la Ship in a Longitudinal Seaway”. Journal of Ship Research, vol. 4, no. 4 (Mar.), pp. 37-49.

Seydel R. (1988), From Equilibrium to Chaos: Practical Bifurcation and Stability Analysis, Elsevier Science Publishing Co., Inc., NY.

Skomedal, N. (1982), “Parametric Excitation of Roll Motion and its Influence on Stability”, In: Proceedings of the 2nd International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles (STAB’82), Tokyo, Japan, pp. 113-125.

XXI CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERÍA NAVAL
XXI COPINAVAL
18 al 22 de octubre de 2009
Hotel Radisson Victoria Plaza
Montevideo, Uruguay

INFLUENCIA DE LA MEMORIA FLUIDA EN LA ESTABILIDAD DINÁMICA DE UN BUQUE PESQUERO EN MAR DE PROA

Marcelo A. S. Neves, PENO/COPPE/UFRJ, Brasil.
masn@peno.coppe.ufrj.br
Miguel A. C. Celis, PENO/COPPE/UFRJ, Brasil
mcelis@peno.coppe.ufrj.br

RESUMEN

Un modelo matemático es presentado en este trabajo con la intención de predecir los movimientos de arfada, balance y cabeceo y analizar la resonancia paramétrica incorporando los efectos de la memoria fluida en el dominio del tiempo para un buque pesquero tipo Transom Stern (TS).

La resonancia paramétrica es importante en la estabilidad dinámica de buques en olas, debido a que es un fenómeno en el cual el buque pode alcanzar grandes amplitudes en balance en pocos ciclos. Incorporar los efectos de la memoria fluida es importante en fenómenos de esta naturaleza. Para validar el algoritmo presentado se utilizan modelos con forma simple sujeto a un decaimiento en arfada y un modelo analítico. El modelo propuesto desarrolla una ecuación integro-diferencial que incluye los efectos de la memoria fluida a través de la integral de convolución con no-linealidades en la restauración hasta la tercera orden. Los efectos no-lineales de la viscosidad son modelados en balance, así como las fuerzas de sustentación y fricción. Los dos últimos fueron incorporados a la integral de convolución. Los amortiguamientos acoplados de los modos de arfada y cabeceo son considerados en las integrales de convolución a través de las funciones memoria; finalmente, se presentan las comparaciones de las respuestas temporales con y sin influencia de la memoria fluida en los modos de arfada, balance y cabeceo incluyendo la velocidad de avance.

1- INTRODUCCIÓN

Los buques porta contenedores, de pasajeros y pesqueros están entre las formas de cascos más frecuentes de sufrir amplificaciones paramétricas intensas, los modelos de simulación disponibles son capaces de reproducir adecuadamente las amplificaciones provenientes de la resonancia paramétrica, pero, existen casos donde estos modelos numéricos súper estiman los movimientos resonantes de

balance observados experimentalmente Umeda *et al*. (2003).

La Resonancia Paramétrica es ocasionada por la excitación interna debida a la variación periódica de ciertos parámetros del sistema oscilatorio, como el momento de restauración, su intensidad es función de los movimientos verticales del buque y de las características de la ola incidente. Neves y Rodríguez (2006) presentaron un modelo matemático con la intención de estudiar la estabilidad del movimiento de balance paramétrico, en cual son llevados en cuenta los acoplamientos entre los modos de arfada, balance y cabeceo.

Los términos restauradores y las excitaciones debidas al paso de la ola fueron expandidos en series de Taylor hasta la tercera orden. A pesar de que las acciones de restauración hayan sido modeladas en detalle con la finalidad de permitir la integración del sistema no lineal en el dominio del tiempo, sin embargo los autores no consideraran en su modelo los efectos de memoria fluida. Se debe notar que en ese fenómeno los movimientos verticales de arfada y cabeceo ocurren en la frecuencia de encuentro, mientras que el movimiento de balance se desarrolla fundamentalmente en la frecuencia natural del movimiento de balance, siendo que esas dos frecuencias, ofrecen una sintonía característica del proceso y no son próximas una de la otra.

Esta coexistencia de harmónicos resalta la importancia de considerar la forma de las variaciones de masas adicionales y amortiguamientos con la frecuencia y velocidad de avance. En los modelos clásicos los coeficientes hidrodinámicos son dependientes de la frecuencia, pero son considerados como constantes y esta suposición es equivalente a interpretar que a historia del movimiento no interfiere en los cálculos de los valores instantáneos de las fuerzas y momentos. Esto es igual a decir que el sistema no tiene influencia de la memoria fluida.

La linealización más indicada de las ecuaciones de movimiento fue discutida por Cummins (1962), Brard (1964) y Newman (1966). Adicionalmente, una serie de trabajos presentados por Bishop *et al*. (1973) mostraron que se puede representar las fuerzas y momentos de las acciones fluidas mediante funcionales incluyendo los efectos de la historia del movimiento del buque.

Memoria Fluida es entendida como el conjunto de fenómenos que suceden en la superficie libre y el agua al redor del casco del buque, siendo estos influenciados en el dominio del tiempo por los efectos anteriores

que aún están actuando en las fuerzas hidrodinámicas.

2- MODELO MATEMÁTICO

A continuación se presenta el modelo matemático propuesto por Celis (2008). Esté modelo matemático incorpora los efectos de la memoria fluida en las ecuaciones de movimiento de arfada, balance y cabeceo. Para conseguir este objetivo debemos llevar en consideración las siguientes hipótesis:

- Buque Intacto.
- Movimiento del buque como cuerpo rígido, con simetría en relación al plano diametral.
- Velocidad de avance del buque constante.
- Olas incidentes regulares longitudinales de pequeñas amplitudes.
- Se desconsideran las cargas relacionadas a impactos hidrodinámicos (slamming), productos de eventuales ocurrencias de inmersión de proa y popa.
- Efectos de agua en la cubierta son despreciados.

La Figura 1 muestra los sistemas de coordenadas utilizados en la definición de las ecuaciones que determinan el comportamiento del buque en sus seis grados de libertad: avance, deriva, arfada, balance, cabeceo y guiñada. El primer sistema de referencia es fijo a la tierra AXYZ, el segundo es $C\bar{X}\bar{Y}\bar{Z}$, donde el punto C pertenece al plano medio de flotación del buque (posición de equilibrio del buque), este sistema es móvil con velocidad constante U, ambos sistemas de tipo inercial, mientras que el tercer sistema es fijo al buque y es de tipo no inercial y lo denotaremos como Oxyz.

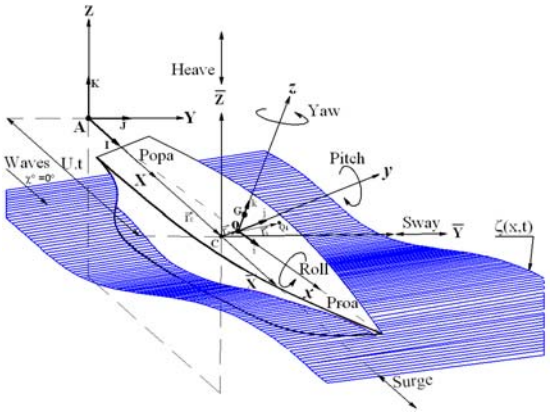


Figura 1. Sistemas de coordenadas y definición de los movimientos del buque.

3- MODELO CLÁSICO

La ecuación (1) presenta las ecuaciones de movimiento no lineal en arfada balance y cabeceo z, ϕ, θ en su forma matricial donde la representación matemática de las acciones fluidas corresponde a la forma clásica:

$$(\tilde{M} + \tilde{A})\ddot{\vec{X}} + (\tilde{B} + B_{\dot{\phi}|\dot{\phi}|}\left|\dot{\phi}\right|)\dot{\vec{X}} + \vec{C}_r(\vec{X}, \zeta) = \vec{C}_{ext}(\zeta, \dot{\zeta}, \ddot{\zeta}) \quad (1)$$

de acuerdo con el modelo no lineal introducido por Neves y Rodríguez (2006).

4- REPRESENTACIÓN FUNCIONAL

Se presentan las ecuaciones de movimiento no lineal de forma matricial

empleando la representación funcional, donde la representación matemática de la memoria fluida de las acciones fluidas es representada por integrales de convolución.

$$(\tilde{M}+\tilde{A}_{\infty})\ddot{\vec{X}}+\int_0^t \tilde{L}(\tau)\dot{\vec{X}}(t-\tau)d\tau+(\tilde{B}_{\infty}+B_{\phi|\phi|}|\dot{\phi}|)\dot{\vec{X}}+\vec{C}_r(\vec{X},\zeta)=\vec{C}_{ext}(\zeta,\dot{\zeta},\ddot{\zeta}) \quad (2)$$

En la ecuación (2) $\tilde{M}$ representa la matriz de inercia, $\vec{C}r(\vec{X},\zeta)$ describe la restauración de las fuerzas y momentos, $\tilde{A}(\infty)$ es la matriz de masa adicional en el infinito, $\tilde{B}(\infty)$ es la matriz de amortiguamiento en el infinito, dependientes de la velocidad de avance de el buque, $\int_{-\infty}^{t} \tilde{L}(\tau)\dot{\vec{X}}(t-\tau)d\tau$ es la integral de convolución de la función memoria, donde $\tilde{L}(\tau)$ es la matriz de funciones de memoria fluida y $\dot{\vec{X}}(t-\tau)$ la velocidad del modo respectivo, $\vec{C}_{ext}(\zeta,\dot{\zeta},\ddot{\zeta})$ representa la fuerza y momentos de excitación externa de la ola, más los términos debidos a la difración, que depende del ángulo de incidencia χ, de la frecuencia de encuentro, así como de la amplitud de la ola A_{ω} y del tiempo t. A continuación se presenta la descripción de las diferentes matrices.

$$\tilde{M}=\begin{bmatrix} M & 0 & 0 \\ 0 & I_{xx} & 0 \\ 0 & 0 & I_{yy} \end{bmatrix} \qquad \tilde{A}_{\infty}=\begin{bmatrix} Z_{\ddot{z}\infty} & 0 & Z_{\ddot{\theta}\infty} \\ 0 & K_{\ddot{\phi}\infty} & 0 \\ M_{\ddot{z}\infty} & 0 & M_{\ddot{\theta}\infty} \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\tilde{B}_{\infty}=\begin{bmatrix} Z_{\dot{z}\infty} & 0 & Z_{\dot{\theta}\infty} \\ 0 & K_{\dot{\phi}\infty} & 0 \\ M_{\dot{z}\infty} & 0 & M_{\dot{\theta}\infty} \end{bmatrix} \quad \tilde{L}(t)=\begin{bmatrix} L_{Z_z}(\tau) & 0 & L_{Z_\theta}(\tau) \\ 0 & L_{\phi_\phi}(\tau) & 0 \\ L_{\theta_z}(\tau) & 0 & L_{\theta_\theta}(\tau) \end{bmatrix} \quad (4)$$

El vector $\vec{C}_r(\vec{X},\zeta)$ representa la fuerza y momentos de restauración no lineales que dependen del movimiento relativo entre el casco del buque y la elevación de la ola $\zeta(x,y,t)$ y son basados en la serie de Taylor, conforme Rodríguez (2004):

$$\vec{C}_r(\vec{X},\zeta)=\vec{C}_r^1(\vec{X})+(\vec{C}_r^2(\vec{X})+\vec{C}_r^2(\zeta))+(\vec{C}_r^3(\vec{X})+\vec{C}_r^3(\zeta)) \quad (5)$$

$$\vec{C}_r^1(\vec{X})=\begin{bmatrix} Z_Z & 0 & Z_\theta \\ 0 & K_\phi & 0 \\ M_Z & 0 & M_\theta \end{bmatrix}\begin{bmatrix} Z \\ \phi \\ \theta \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} \rho g A_0 & 0 & -\rho g A_0 x f_0 \\ 0 & \Delta\overline{GM} & 0 \\ -\rho g A_0 x f_0 & 0 & \Delta\overline{GM}_L \end{bmatrix}\begin{bmatrix} Z \\ \phi \\ \theta \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$\vec{C}_r^2(\vec{X})=\frac{1}{2}\begin{bmatrix} Z_{ZZ}Z+2Z_{Z\theta}\theta & Z_{\phi\phi}\phi & Z_{\theta\theta}\theta \\ 0 & 2(K_{z\phi}Z+K_{\phi\theta}\theta) & 0 \\ M_{ZZ}Z+2M_{Z\theta}\theta & 0 & M_{\theta\theta}\theta \end{bmatrix}\begin{bmatrix} Z \\ \phi \\ \theta \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$\vec{C}_r^2(\zeta)=\begin{bmatrix} Z_{\zeta Z} & 0 & Z_{\zeta\theta} \\ 0 & K_{\zeta\phi} & 0 \\ M_{\zeta Z} & 0 & M_{\zeta\theta} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} Z \\ \phi \\ \theta \end{bmatrix} \quad (8)$$

las acciones restauradoras de los movimientos de tercera orden pueden ser definidas como:

$$\vec{C}_r^3(\vec{X})=\frac{1}{6}\begin{bmatrix} (Z_{ZZZ}Z+3Z_{ZZ\theta}\theta)Z^2+3(Z_{ZZ\phi}Z+Z_{\phi\phi\theta}\theta)\phi^2+(Z_{\theta\theta\theta}\theta+3Z_{\theta\theta Z}Z)\theta^2 \\ 3K_{ZZ\phi}Z^2\phi+(K_{\phi\phi\phi}\phi^2+6K_{z\phi\theta}Z\theta)\phi+3K_{\theta\theta\phi}\theta^2\phi \\ (M_{ZZZ}Z+3M_{ZZ\theta}\theta)Z^2+3(M_{\phi\phi Z}Z+M_{\phi\theta\theta}\theta)\phi^2+(M_{\theta\theta\theta}\theta+3M_{\theta\theta Z}Z)\theta^2 \end{bmatrix} \quad (9)$$

las acciones de tercera orden restauradoras debido al paso de la ola son:

$$\vec{C}_r^3(\zeta)=\begin{bmatrix} Z_{\zeta ZZ}(t)Z^2+Z_{\zeta Z\theta}(t)Z\theta+Z_{\phi\phi\zeta}(t)\phi^2+Z_{\zeta\zeta\theta}(t)\theta+Z_{\zeta\theta\theta}(t)\theta^2 \\ K_{\zeta Z\phi}(t)Z\phi+K_{\zeta\zeta\phi}(t)\phi+K_{\zeta\phi\theta}(t)\phi\theta \\ M_{\zeta\zeta Z}(t)Z+M_{\zeta ZZ}(t)Z\theta+M_{\phi\phi\zeta}\phi^2+M_{\zeta\zeta\theta}(t)\theta+M_{\theta\theta\zeta}(t)\theta^2 \end{bmatrix} \quad (10)$$

el vector $\vec{C}_{ext}(\zeta,\dot{\zeta},\ddot{\zeta})$ representa la fuerza y momentos de excitación externa de la ola. En terminos vectoriales:

$$\vec{C}_{ext}(\zeta,\dot{\zeta},\ddot{\zeta})=\begin{bmatrix} Z_\omega(t) & K_\omega(t) & M_\omega(t) \end{bmatrix}^T$$

teniéndose en cuenta que cuando el ángulo de incidencia es $\chi = 180^{o}$, el valor de $K_{\omega}(t)$ es cero, ya que no existe excitación externa. Sea la siguiente notación para representar las integrales de convolución:

$$\begin{bmatrix} Z_{\dot{Z}_z} & 0 & Z_{\dot{\theta}_z} \\ 0 & K_{\dot{\phi}_\phi} & 0 \\ M_{\dot{Z}_\theta} & 0 & M_{\dot{\theta}_\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \int_{-\infty}^{t} L_{\dot{Z}_z}(\tau)\dot{Z}(t-\tau)dt & 0 & \int_{-\infty}^{t} L_{\dot{\theta}_z}(\tau)\dot{\theta}(t-\tau)dt \\ 0 & \int_{-\infty}^{t} L_{\dot{\phi}_\phi}(\tau)\dot{\phi}(t-\tau)dt & 0 \\ \int_{-\infty}^{t} L_{\dot{Z}_\theta}(\tau)\dot{Z}(t-\tau)dt & 0 & \int_{-\infty}^{t} L_{\dot{\theta}_\theta}(\tau)\dot{\theta}(t-\tau)dt \end{bmatrix} \tag{11}$$

la cual contiene en los integrandos las funciones memoria que son presentadas a seguir en forma matricial:

$$\tilde{L} = \begin{bmatrix} L_{Z_z}(t) & 0 & L_{Z_\theta}(t) \\ 0 & L_{\phi_\phi}(t) & 0 \\ L_{\theta_z}(t) & 0 & L_{\theta_\theta}(t) \end{bmatrix} = \frac{2}{\pi} \begin{bmatrix} \int_0^{\infty} B_{Z_z}(\omega)\cos(\omega t)d\omega & 0 & \int_0^{\infty} B_{Z_\theta}(\omega)\cos(\omega t)d\omega \\ 0 & \int_0^{\infty} B_{\phi_\phi}(\omega)\cos(\omega t)d\omega & 0 \\ \int_0^{\infty} B_{\theta_z}(\omega)\cos(\omega t)d\omega & 0 & \int_0^{\infty} B_{\theta_\theta}(\omega)\cos(\omega t)d\omega \end{bmatrix} \tag{12}$$

Con esa notación, se puede observar que una forma más simplificada de la ecuación de movimiento de forma vectorial de la expresión (2) pode ser escrita de la siguiente forma:

$$(\tilde{M} + \tilde{A}_{\infty})\ddot{\vec{X}} + \tilde{X}_{\dot{X}} + (\tilde{B}(\infty) + B_{\dot{\phi}|\dot{\phi}|}|\dot{\phi}|)\dot{\vec{X}} + \vec{C}_r(\vec{X},\zeta) = \vec{C}_{ext}(\zeta,\dot{\zeta},\ddot{\zeta}) \tag{13}$$

siendo interesante analizar como se calculan los valores de los términos que forman la matriz $\tilde{X}_{\dot{X}}$. Como ejemplo tomaremos el caso de arfada:

$$Z_{\dot{Z}_z}(t) = \int_{-\infty}^{t} L_{Z_z}(\tau)\dot{Z}(t-t)dt = \int_{-\infty}^{t} \left[\frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} B_{Z_z}(w)\cos(w\tau)dw \right] \dot{Z}(t-t)dt \tag{14}$$

en la expresión (13) se presentan los sistemas de ecuaciones con integrales de convolución, la matriz $\tilde{X}_{\dot{X}}$ representa los componentes de masa adicional en bajas frecuencias sumadas con amortiguamientos en todo su dominio de la frecuencia; el amortiguamiento no lineal es expresado a través de $B_{\dot{\phi}|\dot{\phi}|}|\dot{\phi}|$, y el efecto de la memoria es incluida en todos los grados de libertad analizados. A continuación se presentan las ecuaciones de movimiento de forma explícita.

Arfada:

$$\begin{aligned} &(m + Z_{\ddot{z}\infty})\ddot{z} + \int_{-\infty}^{t} L_{\dot{z}_z}(\tau)\dot{z}(t-\tau)d\tau + \int_{-\infty}^{t} L_{\dot{\theta}_Z}(\tau)\dot{\theta}(t-\tau)d\tau + \\ &Z_{\dot{z}\infty}\dot{z} + Z_{\ddot{\theta}\infty}\ddot{\theta} + Z_{\dot{\theta}\infty}\dot{\theta} + Z_z z + Z_\theta\theta + \frac{1}{2}Z_{zz}z^2 + \frac{1}{2}Z_{\phi\phi}\phi^2 + \\ &\frac{1}{2}Z_{\theta\theta}\theta^2 + Z_{z\theta}z\theta + \frac{1}{6}Z_{zzz}z^3 + \frac{1}{2}Z_{zz\theta}z^2\theta + \frac{1}{2}Z_{\phi\phi z}\phi^2 z + \frac{1}{2}Z_{\phi\phi\theta}\phi^2\theta + \\ &\frac{1}{2}Z_{\theta\theta z}\theta^2 z + \frac{1}{6}Z_{\theta\theta\theta}\theta^3 + Z_{\zeta z}(t)z + Z_{\zeta\theta}(t)\theta + Z_{\zeta\zeta z}(t)z + Z_{\zeta zz}(t)z^2 + \\ &Z_{\zeta\zeta\theta}(t)\theta + Z_{\zeta z\theta}(t)z\theta + Z_{\phi\phi\zeta}(t)\phi^2 + Z_{\theta\theta\zeta}(t)\theta^2 = Z_w(\chi,t) \end{aligned} \tag{15}$$

Balance:

$$\begin{aligned} &\left(J_{xx} + K_{\dot{\phi}\infty}\right)\ddot{\phi} + \int_{-\infty}^{t} L_{\dot{\phi}_\phi}(\tau)\dot{\phi}(t-\tau)d\tau + K_{\phi\infty}\dot{\phi} + K_{\dot{\phi}|\dot{\phi}|}\dot{\phi}|\dot{\phi}| + \\ &K_\phi\phi + K_{z\phi}z\phi + K_{\phi\theta}\phi\theta + \frac{1}{2}K_{zz\phi}z^2\varphi + \frac{1}{6}K_{\phi\phi\phi}\phi^3 + \frac{1}{2}K_{\theta\theta\phi}\theta^2\phi + K_{z\phi\theta}z\phi\theta + \\ &K_{\zeta\phi}(t)\phi + K_{\zeta\zeta\phi}(t)\phi + K_{\zeta z\phi}(t)z\phi + K_{\zeta\phi\theta}(t)\phi\theta = K_w(\chi,t) \end{aligned} \tag{16}$$

Cabeceo:

$$\begin{aligned} &\left(J_{yy} + M_{\ddot{\theta}\infty}\right)\ddot{\theta} + M_{\theta\infty}\dot{\theta} + \int_{-\infty}^{t} L_{\dot{\theta}_\theta}(\tau)\dot{\theta}(t-\tau)d\tau + \int_{-\infty}^{t} L_{\dot{Z}_\theta}(\tau).\dot{z}(t-\tau)d\tau + M_{\dot{z}\infty}\ddot{z} + \\ &M_{\dot{z}\infty}\dot{z} + M_z z + M_\theta\theta + \frac{1}{2}M_{zz}z^2 + \frac{1}{2}M_{\phi\phi}\phi^2 + \frac{1}{2}M_{\theta\theta}\theta^2 + M_{z\theta}z\theta + \\ &\frac{1}{6}M_{zzz}z^3 + \frac{1}{2}M_{zz\theta}z^2\theta + \frac{1}{2}M_{\phi\phi z}\phi^2 z + \frac{1}{2}M_{\phi\phi\theta}\phi^2\theta + \frac{1}{2}M_{\theta\theta z}\theta^2 z + \frac{1}{6}M_{\theta\theta\theta}\theta^3 + \\ &M_{\zeta z}(t)z + M_{\zeta\theta}(t)\theta + M_{\zeta\zeta z}(t)z + M_{\zeta zz}(t)z^2 + M_{\zeta\zeta\theta}(t)\theta + \\ &M_{\zeta z\theta}(t)z\theta + M_{\phi\phi\zeta}(t)\phi^2 + M_{\theta\theta\zeta}(t)\theta^2 = M_w(\chi,t) \end{aligned} \tag{17}$$

donde se nota que en este modelo matemático hay dependencia del movimiento de balance con los otros movimientos de arfada y cabeceo, los cuales son acoplados de forma lineal y no lineal. Esta dependencia de movimiento de balance es representada a través de los términos de segunda y tercera orden.

5- VALIDACIONES

Las validaciones son presentadas con el propósito de demonstrar la buena aproximación numérica del cálculo de la función memoria y adecuada solución de la ecuación del movimiento.

Testes de Decaimiento: En general, los testes experimentales de decaimiento son utilizados con el objetivo de extraer datos hidrodinámicos y otras características de sistemas flotantes, como la frecuencia natural. Aquí, en un teste de decaimiento utilizamos el modelo matemático lineal en arfada, sin los términos debidos a la excitación de las olas incidentes ($Z_w(\chi,t)=0$). A partir de nuestro modelo propuesto obtenemos como resultado la expresión siguiente:

$$\left(m + Z_{\ddot{z}\,\infty}\right)\ddot{z} + \int_{-\infty}^{t} L_{\dot{z}_z}(\tau)\dot{z}(t-\tau)\,d\tau + Z_z z = 0 \qquad (18)$$

siendo utilizado el método de Filón para calcular la función memoria fluida L_{z_z}, y el método de los trapecios para calcular la integral de convolución, $\int_{-\infty}^{t} L_{z_z}(\tau).\dot{z}(t-\tau)d\tau$, siendo esta última incrementada en el número de términos integrados en cada paso de tiempo de integración de la ecuación (18) utilizando el algoritmo de Runge Kutta de 4º orden. Obteniéndose la curva de decaimiento, compararemos estos resultados con los datos presentados por Esperança et al. (2006).

Semi-Esfera: Beck y Liapis (1987) presentaron resultados de decaimiento considerando una semi-esfera, mostrada en la Figura 2. El trabajo considera el movimiento oscilatorio de la semi-esfera en arfada.

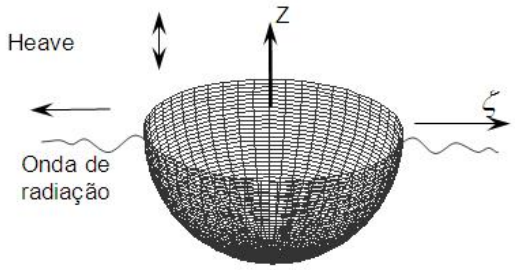


Figura 2: Semi-esfera en arfada

El código numérico que calcula la función memoria fluida en arfada utiliza los datos de la masa adicional y amortiguamientos ofrecidos por el programa WAMIT conforme Lee C. H., Newman, J. N., (2003), que ofrece los coeficientes hidrodinámicos en el dominio de la frecuencia. La Figura 3 presenta los coeficientes hidrodinámicos de

amortiguamiento y masa adicional. La Figura 4 muestra la función memoria de la semi-esfera, obtenida a partir de la curva de amortiguamiento.

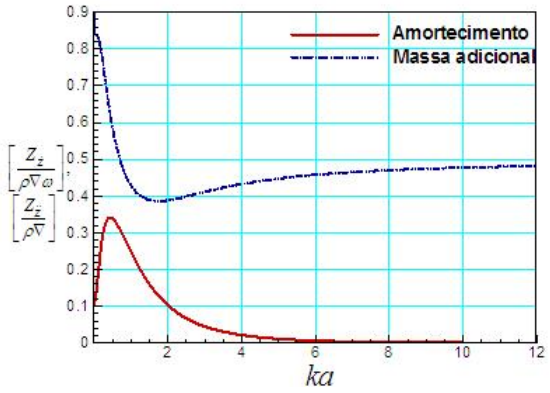


Figura 3: Masa adicional y amortiguamiento potencial de la semi-esfera en arfada

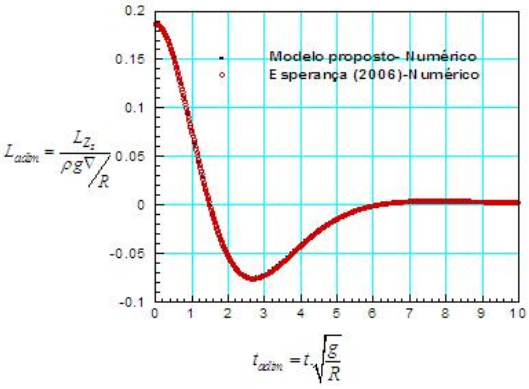


Figura 4: Función memoria de la semi-esfera.

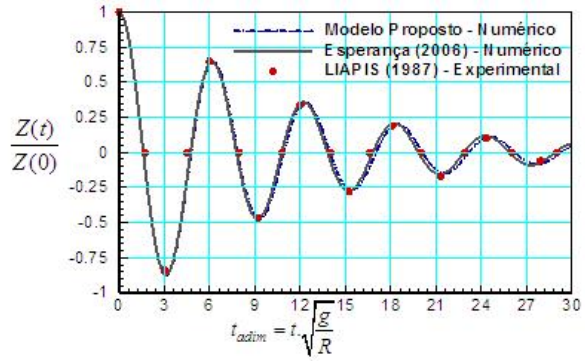


Figura 5 Decaimiento en arfada

La Figura 5 presenta la respuesta en el tiempo correspondiente al decaimiento de la semi-esfera en arfada.

***Cilindro en posición vertical**:* Newman (1985) presento el análisis del movimiento transitorio del decaimiento en arfada para un cilindro vertical de radio $R = 1$ m y calado $T = 0.5$ m, considerando una velocidad inicial igual a $\dot{Z}(0) = 0$ m/s, y una posición inicial $Z(0) = 0.2$ m. Esperança *et al.* (2006) compilo los resultados numéricos de Newman (1985) para validar sus códigos numéricos, observe que fueron adimensionalizados.

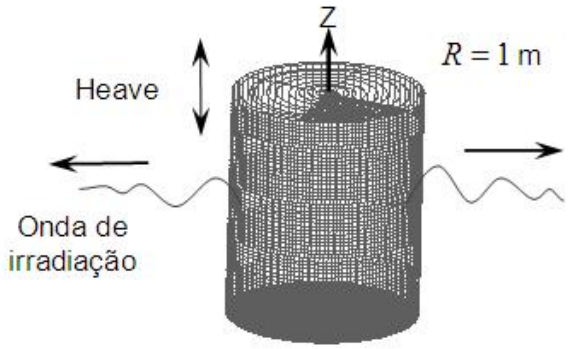


Figura 6: Cilindro vertical en arfada

La Figura 7 presenta el amortiguamiento en arfada para el cilindro vertical en el dominio de la frecuencia, mientras que la distribución de masa adicional esta mostrada en la Figura 8.

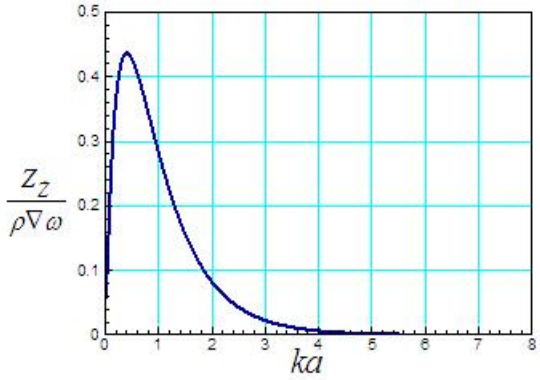


Figura 7: Amortiguamiento en arfada para el cilindro vertical.

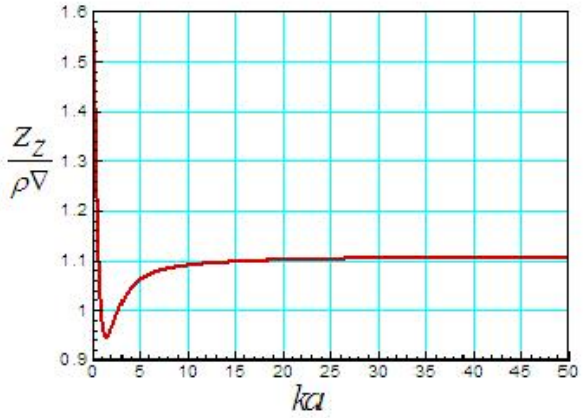


Figura 8: Masa adicional en arfada para cilindro vertical.

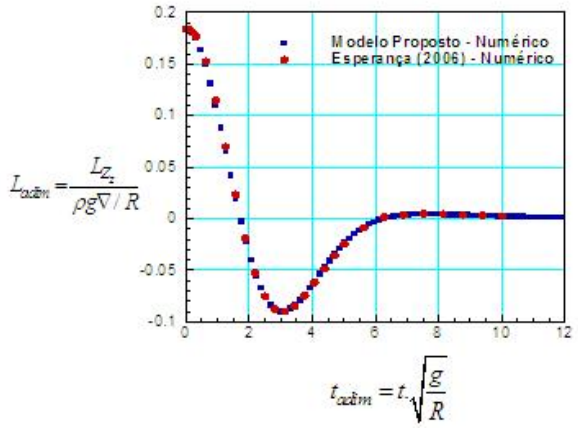


Figura 9: Función memoria del cilindro vertical

La Figura 9 presenta la función memoria obtenida a partir de los amortiguamientos, integrados en todo el intervalo de frecuencias. Usando esta función memoria, encontramos el decaimiento de arfada en el dominio del tiempo presentada en la Figura 10 comparándola con los mismos resultados obtenidos por Esperança (2006) y Newman (1985). La concordancia entre las dos curvas es perfecta.

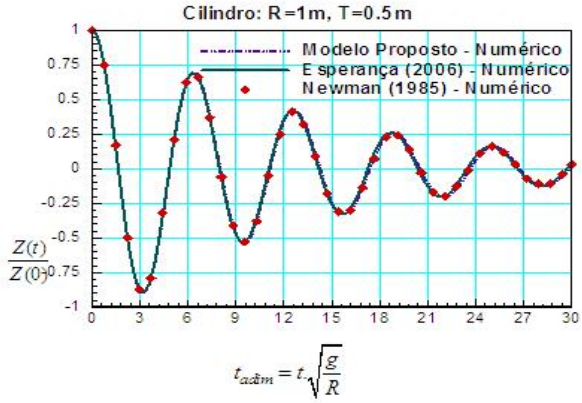


Figura 10: decaimiento del cilindro vertical

Modelo Analítico: Utilizando un modelo analítico presentado por Reza Taghipour *et al.* (2007), fueron realizadas comparaciones con los resultados obtenidos por el modelo numérico propuesto. La expresión (19) define la masa adicional y el amortiguamiento expresados analíticamente en términos de los parámetros, α, β y γ:

$$Z_{\ddot{Z}}(\omega) = \gamma + \frac{(\alpha^2 + \beta^2 - \omega^2)(\beta + 1)}{(\alpha^2 + \beta^2 - \omega^2)^2 + 4\alpha^2\omega^2} \qquad (19)$$

$$Z_{\dot{Z}}(\omega) = \frac{2\alpha(\beta + 1)\omega^2}{(\alpha^2 + \beta^2 - \omega^2)^2 + 4\alpha^2\omega^2}$$

La función memoria fluida en el dominio de la frecuencia de forma analítica está representada por la expresión (20). Para

esta función memoria fluida, le corresponde una función en el dominio del tiempo presentada en la expresión (21):

$$L_{\dot{Z}_z}(j\omega) = \frac{j\omega(\beta+1)}{(j\omega+\alpha)^2+\beta^2} \qquad (20)$$

$$L_{\dot{Z}_z}(t) = (1+\beta)e^{-\alpha t}\left[\cos(\beta t) - \frac{\alpha}{\beta}sen(\beta t)\right] \qquad (21)$$

note que el parámetro γ no contribuye en la formación de la función memoria fluida en el dominio del tiempo $L_{\dot{Z}_z}(t)$, ya que representa el valor de la masa adicional en el infinito $Z_{\dot{Z}}(\infty)=\gamma$. Como ejemplo, se utiliza los valores de $\alpha = 0.2$, $\beta = 2$ y $\gamma = 0.5$. Aplicando la Transformada de Laplace a la expresión (21), se puede expresar la función respuesta impulsiva como:

$$L_{Zs}(s) = \frac{3s}{s^2+0.4s+4.04}$$

la Figura 11 muestra los coeficientes de masa adicional y amortiguamiento, representativos del modelo analítico.

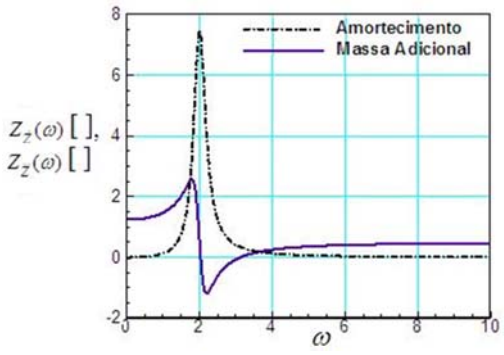


Figura 11: Masa adicional y amortiguamiento de forma analítica.

En la Figura 12, se presenta la función memoria fluida analítica con una buena aproximación del modelo numérico propuesto.

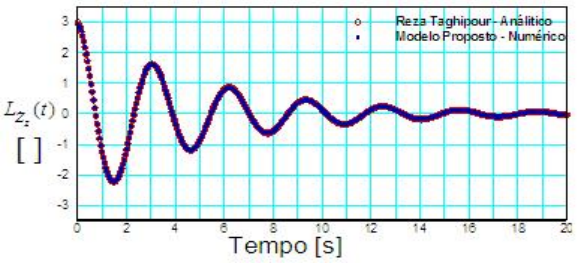


Figura 12: Función memoria fluida.

En resumen, los resultados obtenidos en las tres validaciones, el algoritmo del modelo propuesto se aproximo de forma prácticamente exacta, demostrando de esta manera ser satisfactorio. Con estas validaciones exitosas, se hace una aplicación del modelo propuesto para el buque TS, inicialmente en decaimento en el movimiento de balance y después en condiciones acopladas entre arfada, balance y cabeceo.

5- BUQUE TS

La importancia de utilizar este tipo de buque es que mostro experimentalmente y numéricamente la tendencia al fenómeno de Resonancia Paramétrica.

Tabla I. Características del Buque T.S.

Denominación	**Valores**
Masa	170.3 Ton
Eslora Total	25.91m
Eslora entre perpendiculares	22.09 m
Manga	6.86 m
Puntal	3.35 m
Calado medio	2.48 m
Radio de giro longitudinal	5.35 m
Área de flotación	121 m²
Radio de giro en cabeceo	3.28 m

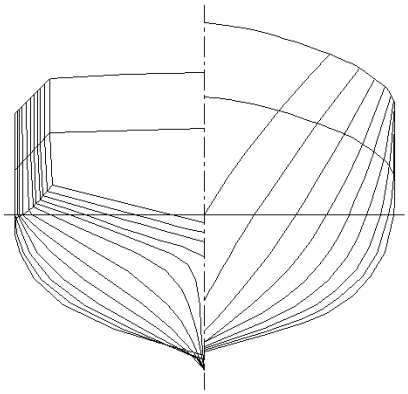


Figura 13: Plano de Líneas de Forma del buque tipo TS.

Tabla 2. Coeficientes de restauración hidrostática en balance.

Coeficientes de balance puro	$\overline{GM} = 0.37$ m
K_{ϕ}	669.8
K_{ϕ^3}	-728.9
K_{ϕ^5}	330.2
K_{ϕ^7}	-206.7

En la Tabla 2 se presenta un resumen de los coeficientes de los polinomios que ajustan la curva de estabilidad estática. Los RAOs en los grados de libertad de arfada, balance y cabeceo para ese buque son presentados por Rodríguez (2004). Para el cálculo de los coeficientes hidrodinámicos se utilizo la discretización del buque TS en el programa Mesh Generator (MG).

Coeficientes Hidrodinámicos para el buque TS: Los coeficientes hidrodinámicos de masa adicional, amortiguamiento, fuerzas y momentos de excitación Z_w, K_w, Z_w para el buque TS fueron calculados con el código numérico denominado WAMIT.

Efecto de la velocidad de avance: En la Tabla 3 se presentan los coeficientes hidrodinámicos con dependencia de la velocidad de avance, conforme Lewis (1989). La velocidad de avance del buque es representada por $\overline{U}$ y los coeficientes con súper-índice "0" representan los coeficientes hidrodinámicos sin influencia de la velocidad de avance $\overline{U}$.

Tabla 3 Efecto de la velocidad de avance

Masa Adicional	Amortiguamiento
$A_{33} = A_{33}^{0}$	$B_{33} = B_{33}^{0}$
$A_{55} = A_{55}^{0} + \frac{\overline{U}^2}{\omega_e^2} A_{55}^{0}$	$B_{55} = B_{55}^{0} + \frac{\overline{U}^2}{\omega_e^2} B_{33}^{0}$
$A_{53} = A_{35}^{0} + \frac{\overline{U}}{\omega_e^2} B_{33}^{0}$	$B_{53} = B_{35}^{0} - \overline{U} A_{33}^{0}$
$A_{35} = A_{35}^{0} - \frac{\overline{U}}{\omega_e^2} B_{33}^{0}$	$B_{35} = B_{35}^{0} + \overline{U} A_{33}^{0}$
$A_{44} = A_{44}^{0}$	$B_{44} = B_{44}^{0} = B_1$ (*)
-	$B^{*}_{444} = B_2$ (**)

(*) este termino es calculado según Himeno (1981).
(**) calculado de forma análoga a el termino anterior; llevan en consideración las no-linealidades introducidas por los efectos viscosos.
ω_e *representa la frecuencia de encuentro.*

Amortiguamiento no lineal en balance: El amortiguamiento en balance merece un especial estudio, donde se aproxima el momento del amortiguamiento según la expresión (22):

$$B_{\phi} = B_1\dot{\phi} + B_2\dot{\phi}\left|\dot{\phi}\right| \qquad (22)$$

donde el coeficiente B_1 representa las contribuciones de los amortiguamientos de naturaleza lineal debido a la formación de

olas, efectos de fricción y de sustentación, mientras que B_2 corresponde a los amortiguamientos cuadráticos no lineales debido a la formación de vórtices y bolinas. A seguir se presentan en la Figura 16 los amortiguamientos B1 y B2.

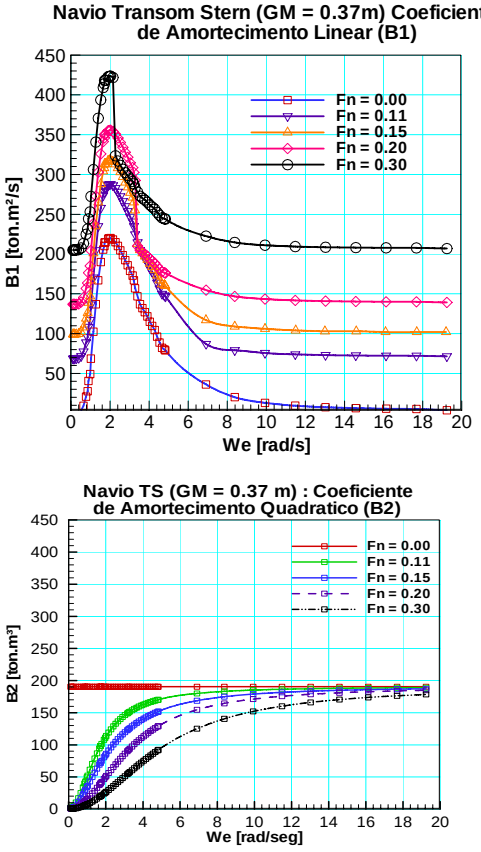
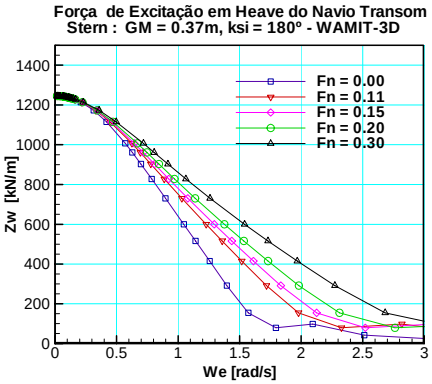


Figura 16: Coeficientes de amortiguamiento en balance según Himeno (1981).



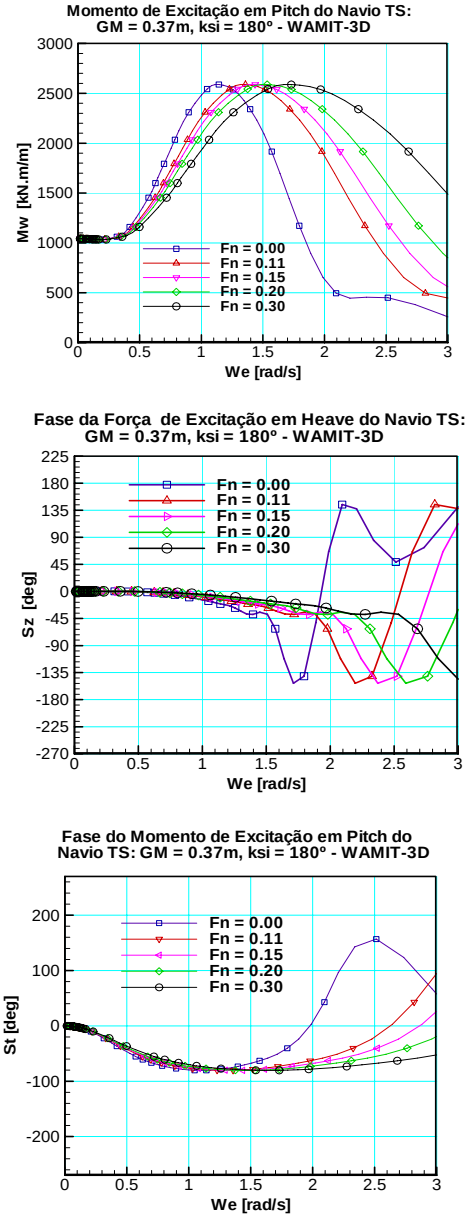


Figura 17: Fuerzas y momentos de excitación por unidad de amplitud de la ola en arfada y cabeceo -WAMIT.

Fuerzas y Momentos de Excitación: En olas longitudinales regulares, las fuerzas y momentos de excitación externa son de la forma presentada en la expresión (23):

$$Z_w(t) = Z_{w0}\cos(\omega_e t + \alpha_{\omega 3})$$
$$K_w(t) = 0 \qquad (23)$$
$$M_w(t) = M_{w0}\cos(\omega_e t + \alpha_{\omega 5})$$

6- RESULTADOS NUMÉRICOS

Para tener una mejor percepción de los resultados obtenidos presentaremos las comparaciones numéricas hechas entre dos modelos, uno con y otro sin influencia de la memoria fluida. Los parámetros más relevantes para el análisis del movimiento del buque en Resonancia Paramétrica son: la amplitud de la ola y la frecuencia de encuentro. En seguida son presentadas las respuestas en el dominio del tiempo en las cuales se obtuvieron resultados numéricos. Se presentan las respuestas en conjuntos de los modos de arfada, balance y cabeceo con la intención de tener una mejor percepción del fenómeno y de como este se comporta en el transcurso del tiempo. Las comparaciones de las respuestas del buque son presentadas en las mismas condiciones obtenidas por el modelo presentado por Rodríguez (2004), que corresponde a un modelo no-lineal de tercera orden sin convolución.

Tabla 4: Buque TS, en mar de proa ($\omega_e = 2\omega_{n4}$).

GMt [m]	Fn	*Aw [m]*	*Ww [rad/s]*
0.37	0.11	0.30	1.396
	0.15	1.02	1.323
	0.20	0.60	1.249
	0.30	0.80	1.36
	0.30	1.02	

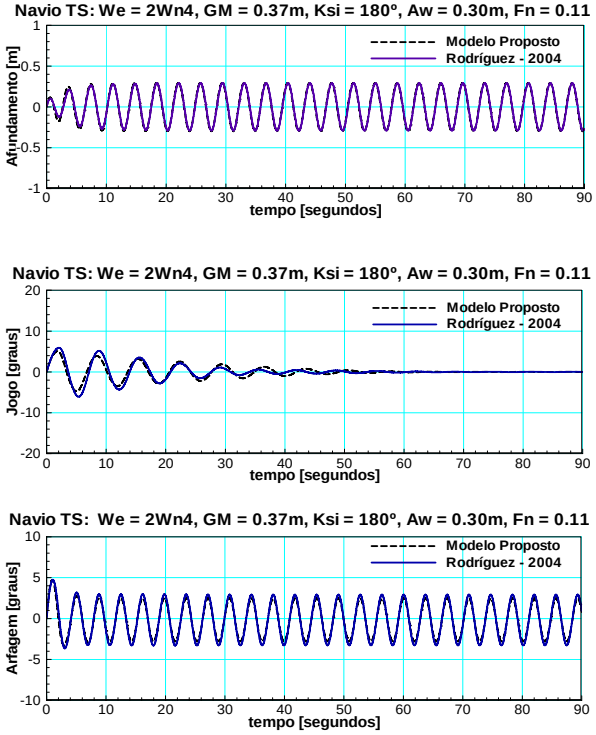


Figura 18: Respuestas en arfada, balance y cabeceo (Fn = 0.11, Aw=0.30m)

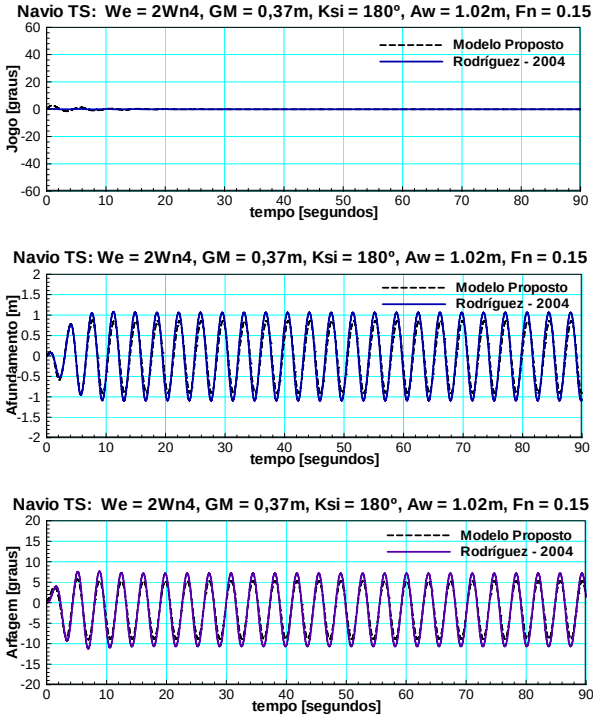


Figura 19: Respuestas en arfada, balance y cabeceo (Fn = 0.15, Aw=1.02m).

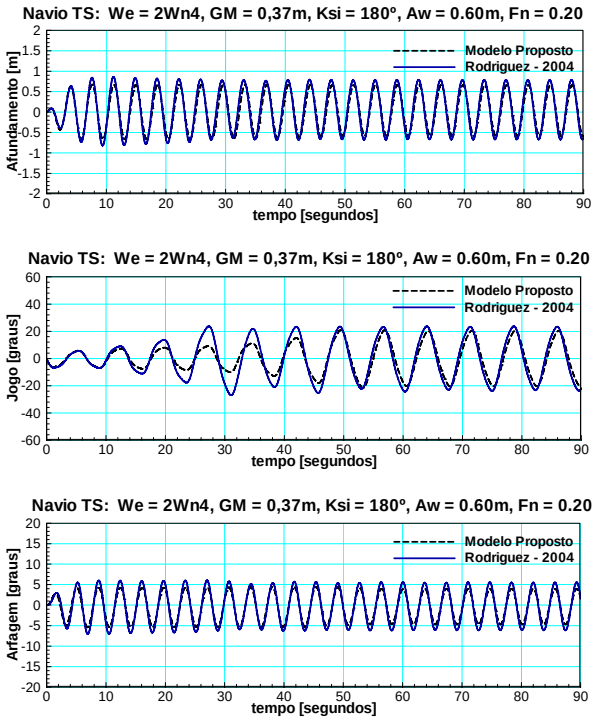


Figura 20: Respuestas en arfada, balance y cabeceo (Fn = 0.20, Aw=0.60m)

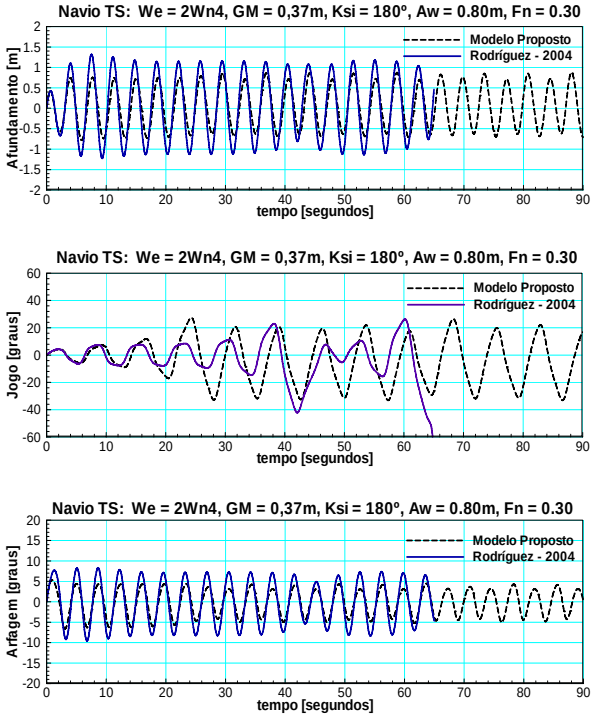


Figura 21: Respuestas en arfada, balance y cabeceo (Fn = 0.30, Aw=0.80m)

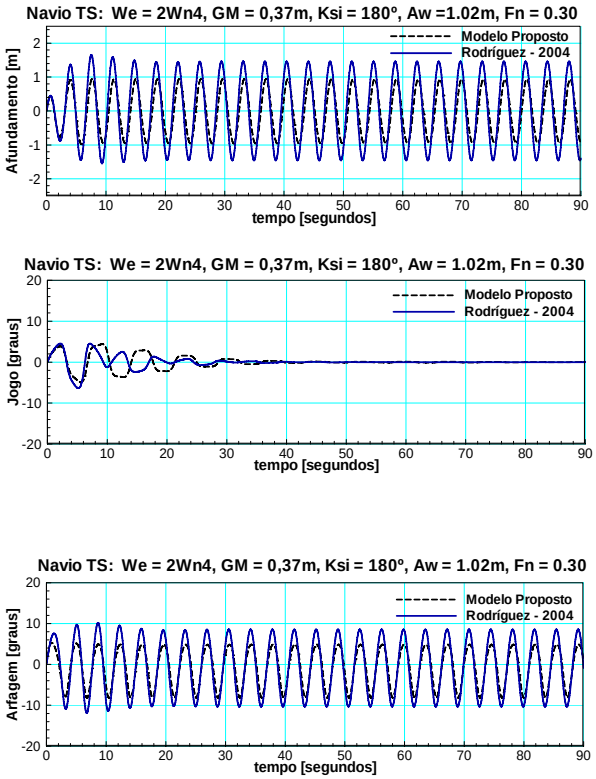


Figura 22: Respuestas en arfada, balance y cabeceo (Fn = 0.30, Aw=1.02m)

7- DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Las comparaciones entre los modelos, el propuesto y el de Rodríguez (2004) son presentados en las mismas condiciones de cargamento y condiciones iníciales, mostrándose en general una buena congruencia entre las Respuestas en las velocidades más bajas.

Para bajas velocidades, presentadas en las Figuras 18 y 19 hay buena concordancia con el modelo presentado por Rodríguez (2004). Las Figuras 20, 21 y 22 muestran los resultados para altas velocidades y amplitudes de la ola y presentan menos

aproximación entre estos, debido a la influencia de los términos que son directamente influenciados por la velocidad.

Note que en la secuencia presentada para los números de Froude iguales a 0.11 y 0.15, para todas las amplitudes de ola el movimiento en balance no amplifica perimétricamente, pero para los números de Froude de 0.20 y 0.30 las amplitudes del movimiento en balance pasan por una región en la cual se amplifica este movimiento, siendo esta una región donde el buque es propenso a la resonancia paramétrica. Si se aumenta la amplitud de la ola, este vuelve a una zona estable, este resultado es coherente con los límites de estabilidad definidos por Neves y Rodríguez (2006).

Conforme se incrementa a velocidad de avance, esta afecta los valores de los coeficientes hidrodinámicos, sobre todo en los modos verticales de arfada y cabeceo y los términos de acoplamientos entre estos modos verticales.

8 - CONCLUSIONES

A inclusión de los efectos de memoria fluida en el modelo, tiene su principal importancia, en tres aspectos: la primera es que en la amplificación paramétrica, por su propia naturaleza, no pode ser considerada como una función harmónica.

El segundo punto es que en la resonancia paramétrica suceden contribuciones de términos en diferentes frecuencias, sub y súper harmónicos.

Tercero, las respuestas en arfada y cabeceo suceden en períodos bastante distantes del período del movimiento en balance siendo de mucha importancia tener un modelo que permita aclarar esta dependencia del fenómeno. La confiabilidad del modelo propuesto naturalmente depende de la obtención de la matriz de amortiguamientos del cuerpo en todo el dominio de la frecuencia. La representación funcional fue validada teniendo en consideración los coeficientes hidrodinámicos calculados con un código computacional padrón como es el WAMIT. En todos estos casos la concordancia del modelo aquí desarrollado con los resultados disponibles fue excelente. Se Pude concluir, por lo tanto, que los algoritmos de cálculo de la función de respuesta impulsiva (basado en el método de Filon) y el de inclusión de la integral de convolución en el proceso de integración en el dominio del tiempo están respondiendo de manera eficiente y confiable. Finalmente, fue hecho el análisis del buque Transom Stern en condiciones de resonancia paramétrica a través de simulaciones numéricas de la dinámica del

fenómeno envolviendo los modos de arfada, balance y cabeceo. Aquí fueron comparadas las respuestas con convolución y sin convolución. Fue observado que nuestro modelo toma más tiempo de procesamiento, debido al cálculo de la integral de convolución en cada paso del tiempo de la solución del sistema integro-diferencial.

REFERENCIAS

Beck, R. F. & Liapis, S., 1987, Transient Motions of Floating Bodies at Zero Forward Speed, Journal Ship Research, vol. 31, no. 3, 164-176 pp

Bishop, R. E. D., Burcher, R.K., Price W.G., 1973, The Uses of Functional Analysis in Ship Dynamics. Department of Mechanics Engineering, University College London, Naval Procedure Royal Society of London, A. 332, pp. 23-35

Brard, R, 1964, A Vortex Theory for the Manoeuvring Ship with Respect to the History of her Motion. Fifth Symposium on Naval Hydrodynamics, Bergen, Norway, pp. 815-911.

Celis, M. A. C., 2008, Estabilidade Dinâmica do Buque: Análise da Influência da Memoria Fluida en Balanço Paramétrico. Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ

Cummins, W. E. 1962, The Impulse Response Function and Ship Motions, Schiffstechnik Bd. 9 – Heft 47

Esperança, P. T. T., 2006, Análise da Curva de Decaimento Utilizando o Conceito de Memoria Fluida SOBENA 2006, pp. 063.

Lee C. H., Newman, J. N., 2003 Computation of Wave Effects Using the Panel Method. WAMIT Inc., USA, Department of Ocean Engineering, MIT, USA

Lewis, E., 1989, Principles of Naval Architecture - Vol. III: Motion in Waves and Contbalanceability. 2nd revision. New Jersey, The United States of America, SNAME.

Neves, M.A.S., Rodríguez, C., 2006, On Unstable Ship Motions Resulting from Strong Non-Linear Coupling. Ocean Engineering (article in press).

Newman, J. N., 1966, Some Hydrodynamic Aspects of Ship Maneuverability, 6th Symp.

on Naval Hydrodyn., Washington, D.C., pp 203-237

Newman, J. N., 1985, Transient Axisymetric Motion of a Floating Cylinder, Journal Fluid Mechanical, Vol. 157, pp 17 – 33.

Reza T., Tristan, P., Torgeir, M., 2007, Hybrid Frequency-Time Domain Models for Dynamic Response Analysis of Marine Structures, Ocean Engineering, reference OE 1431.

Rodríguez, C. A., 2004, Estabilidade Dinâmica do Buque: Um Modelo Não-Linear de Terceira Ordem. Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ

Umeda, N., Hashimoto, H., Vassalos, D., Urano, S., Okou, K., 2003, Non-Linear Dynamics on Parametric Balance Resonance with Realistic Numerical Modeling. In: Proceedings of 8th International Conference on the Stability of Ships and Ocean Vehicles (STAB'2003), Madrid, Spain, pp. 281-290.

Maniobrabilidad de Buque Pesquero

Marcelo A. S. Neves[1], William M. Cipriano[2]

Programa de Engenharia Oceânica - COPPE / LabOceano, Universidade Federal do Rio de Janeiro C.P. 68.508, Rio de Janeiro, RJ, CEP 21945-970, Brasil.

masn@peno.coppe.ufrj.br; williamcipriano@peno.coppe.ufrj.br

Resumen

El presente trabajo es un estudio sobre la maniobrabilidad del buque pesquero en condiciones de aguas tranquilas, en el cual se simula numéricamente la trayectoria de la embarcación, mediante un modelo matemático no lineal de tercera orden, y se considera solo tres grados de libertad, avance (surge), desvío (sway) y guiñada (yaw), este modelo numérico esta basado en el modelo matemático propuesto por Abkowitz. Este modelo pretende hacer una descripción comprensiva y robusta de las acciones fluidas relevantes para los movimientos simétricos y anti-simétricos del buque. El estudio presenta resultados de las simulaciones numéricas de la trayectoria de un buque en el dominio del tiempo, durante las maniobras estandarizadas de curva de giro, espiral y zig-zag. Consecuentemente estos resultados nos permiten tener algunas conclusiones finales que pueden ser tomadas en cuenta por el ingeniero naval, al momento de querer predecir la buena maniobrabilidad del buque pesquero en su anteproyecto.

Abstract

The present work is a study on the maneuverability of the fishing vessel in calm waters, in which the trajectory of a vessel is simulated numerically by means of a nonlinear mathematical model of third order considering three degrees of freedom: surge, sway and yaw; this numerical model is based on the mathematical model proposed by Abkowitz. The model aims at describing, in a robust and comprehensive way, the most relevant fluid and rigid body actions relevant to the symmetric and anti-symmetric motions of a ship in a seaway. The study presents results of the numerical simulations of the trajectory of a ship in the time domain, during the spiral, zig-zag and steady turning standard maneuvers. Consequently these results allow us to have some final conclusions that can be taken into account by the naval architect, at the time of wanting to predict the good maneuverability of the fishing vessel in its stage of project.

---

[1] *Ph.D., Profesor Principal, Programa de Ingeniería Oceánica, LabOceano-COPPE/UFRJ*
[2] *M.Sc., Alumno de Doctorado, Programa de Ingeniería Oceánica, COPPE/UFRJ*

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de los estudios e investigaciones en el campo de la hidrodinámica del buque ha afectado de forma especialmente significativa, en el curso de las últimas décadas, a una de las ramas de ésta: la maniobrabilidad. Por maniobrabilidad se entiende, generalmente, el estudio de los movimientos del buque en el plano horizontal. Podría por tanto, ser encuadrada dentro del estudio general de los movimientos del buque en la mar si no fuera por la restricción que normalmente se impone en considerar en aguas tranquilas.

La maniobrabilidad es una de las muchas áreas técnicas que contribuyen para la grande complejidad envuelta en el proyecto de buques. Las demandas para el proyectista pasan por establecer procedimientos y criterios tal que el buque sea capaz de operar eficiente y seguro en diferentes condiciones operacionales. Los modelos matemáticos envueltos en esos procedimientos derivan de la aplicación de la Segunda Ley de Newton a cuerpos rígidos, donde las ecuaciones diferenciales lineales tienen un alcance de actuación limitada. Modelos de simuladores no lineales son comúnmente empleados, siendo en general considerados como eficientes herramientas en el desarrollo y evaluación de proyectos.

El uso de la simulación en el diseño de sistemas de control de gobierno de un buque, ha hecho necesario el desarrollo de modelos dinámicos que conservando las principales características de comportamiento, permitan una implementación lo más sencilla posible. Dinámicamente un buque se puede considerar como un sólido rígido con seis grados de libertad; tres coordenadas para describir los movimientos de traslación respecto a los tres ejes, y otras tres para los respectivos movimientos de rotación.

El modelo de Abkowitz (1964), se propone tomar hasta el tercer orden del desarrollo en la serie de Taylor, los términos superiores al tercer orden no se consideran porque la experiencia ha demostrado que su inclusión no aumenta significativamente la exactitud. También se indica que se pueden despreciar varios términos debido a la simetría lateral de los buques, a que solo se tienen en consideración los términos con aceleración de primer orden y, el acoplamiento entre los términos de velocidad y aceleración es despreciable.

Muchos investigadores e instituciones involucrados con el avance del conocimiento en esta área han dado importantes contribuciones como: Nomoto (1957), Abkowitz (1964), Crane (1966), Inoue (1981), Baquero (1981), Clarke (1983), Kijima et al. (1990), Yoshimura et al. (2003), Neves, et al. (2005) entre otros. Muchos de estos trabajos han permitido identificar analítica, numérica y/o experimentalmente muchos fenómenos propios de la maniobrabilidad del buque, para los que, aún hoy en día, existen pocos o ningún criterio unánime de evaluación para la maniobrabilidad del buque pesquero.

En ese sentido intentar prever el comportamiento de una embarcación en su fase de proyecto se constituye un gran beneficio, proporcionando una gran flexibilidad al proyecto, esto permite que pueda ser reevaluado constantemente en términos de los requisitos de seguridad previstos. Ensayos de desempeño del casco son realizados con modelos reducidos en tanques de prueba, mismo así sus líneas se encuentren definidas, repetidas pruebas implican muchas veces inviabilidad económica del proyecto teniendo en cuenta el alto costo de estos ensayos. Como una forma de obtener esa previsión sin recorrer a los usuales tanques de prueba, la tendencia hoy es la utilización del proceso de simulación

numérica con el uso de computadores personales, a través de la implementación de formulaciones de la teoría hidrodinámica.

El presente trabajo pretende ser una contribución al desenvolvimiento y solución de los problemas expuestos anteriormente, así como también predecir las características maniobreras que debe reunir un buque pesquero en su fase inicial de proyecto. Por consiguiente se han planteado los siguientes objetivos para este trabajo:

- Simular numéricamente la trayectoria de un buque pesquero, mediante un modelo matemático no lineal, donde se considera solo tres grados de libertad, avance (surge), desvío (sway) y guiñada (yaw), este modelo numérico esta basado en el modelo matemático propuesto por Abkowitz (1964).
- Calcular la trayectoria del buque pesquero en el dominio del tiempo, sobre la acción del timón, durante las maniobras estandarizadas de curva de giro, espiral y zig-zag.
- La predicción cuantitativa del comportamiento en maniobras de un conjunto buque-timón determinado a partir de los resultados obtenidos.

Maniobras Estandarizadas

a) Maniobra de Espiral: Esta maniobra muchas veces llamada de espiral de *Dieudonné*. La maniobra consiste en dar 15° para estribor y dejar el buque hacer una curva hasta alcanzar una razón constante de cambio de dirección. Esta razón es registrada y el ángulo de timón es entonces reducido para 10° y la nueva razón constante de cambio de dirección es medida. La operación es proseguida para 5° EB, 4° EB, 3° EB, 2° EB, 1° EB, 0°, 1° BB, 2° BB, 3° BB, 4° BB, 5° BB, 10° BB, 15° BB. Así mismo, la razón constante de cambio de dirección es registrada para cada ángulo de timón. Con los valores de guiñada obtenidos a los ángulos de timón utilizados se sitúan en un sistema de ejes coordenados, con lo que puede obtenerse una tabla de valores de guiñada, a ángulo de timón dados, y a la velocidad que mantenía el buque durante la realización de la experiencia. Con dicha realización pueden ocurrir dos cosas: la curva pase por el centro en cuyo caso puede decirse que el buque tiene la propiedad de estabilidad de rumbo, o que no lo haga, en cuyo caso significa que ese buque tiene inestabilidad de rumbo, como puede observarse en la Figura 1. Con las curvas del buque con inestabilidad de rumbo se forma una superficie interior limitada por ellas, que recibe el nombre de área de histéresis, cuya cuantificación determina la mayor o menor inestabilidad de rumbo de un buque respecto a otro, vide Tupper (2002).

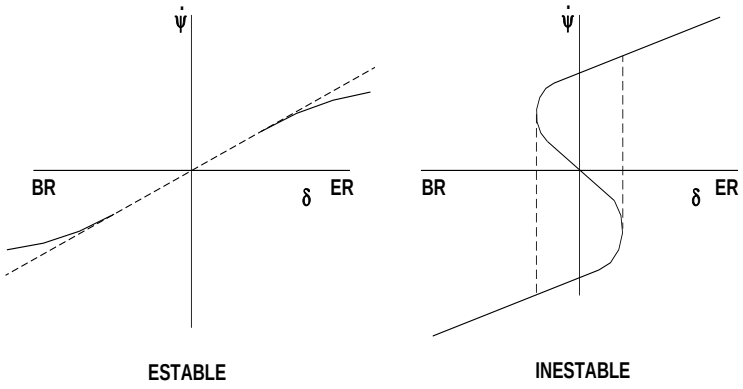


Figura 1. Maniobra de espiral o Dieudonnè

b) Maniobra de Giro: Podemos definirla como la respuesta del buque a la acción conjunta de la maquina y del timón, para realizar un cambio de rumbo y llevar a cabo un fin previsto de acercamiento, alejamiento, estudio del comportamiento a distintas magnitudes de la incidencia de agentes internos y externos aplicados. La curva de giro esta definida por unos parámetros que acotan sus dimensiones para cada buque. Dichas características son observadas en la Figura 2, vide Tupper (2002).
Avance: distancia longitudinal recorrida por le buque hacia su proa hasta alcanzar la caída de 90° de su proa a la banda de metida del timón y a una determinada velocidad.
Traslado Lateral: distancia lateral alcanzada por el buque cuando su proa ha caído 90° de la proa inicial. Junto con el ***avance*** representa un punto del plano que define claramente la parte inicial de la curva de giro.
Diámetro Táctico: cuando la proa del buque ha caído 180° de su proa inicial.
Diámetro de Giro: a la distancia máxima de separación entre dos puntos opuestos del giro en el periodo uniforme. Si bien esta dimensión es la característica más conocida de la curva de giro, puede decirse que no quedan representados los condicionantes que limitan el espacio mínimo necesario para maniobrar en una zona dada.

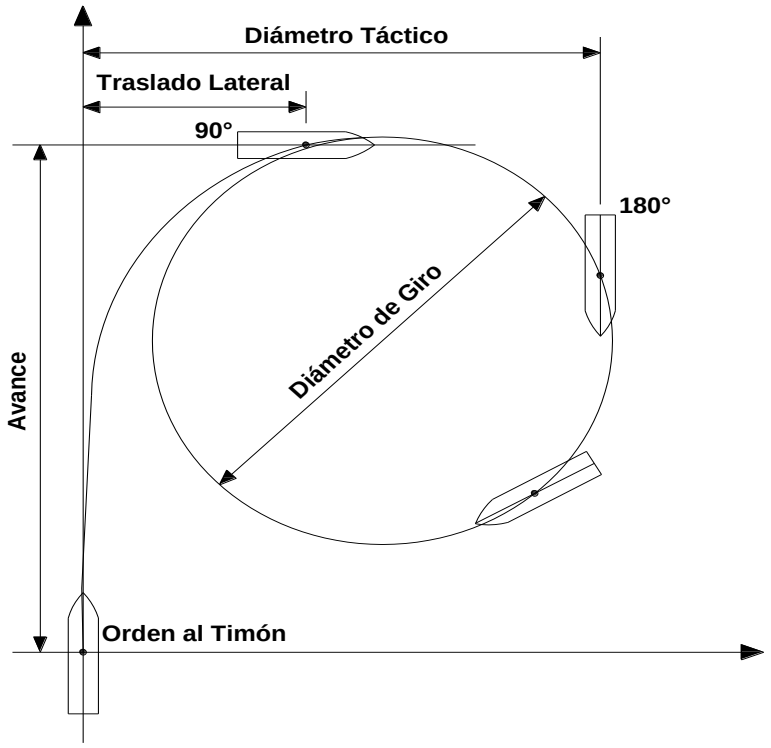


Figura 2 Curva de giro

c) Maniobra de Zig-zag: La maniobra de zig-zag o también conocida como maniobra de *Kempf*, es más completa y compleja que las utilizadas para conocer la estabilidad dinámica y de rumbo, es realizada para estudiar en detalles la respuesta inicial de un buque al movimiento del timón, ver Figura 3. La maniobra consistiría en mantener el buque a una velocidad constante, en línea recta, durante por lo menos un minuto. Después de alcanzar la condición de equilibrio, el timón es accionado y colocado a 20° y mantenido constante hasta que el buque cambie de curso de 20°. Entonces el ángulo del timón es cambiado para 20° del otro lado. Parámetros importantes en esta maniobra son: tiempo entre movimientos sucesivos del timón y el ángulo de *overshoot*, que mide en cuanto la dirección del buque excede los 20° aplicados. La maniobra es repetida para cubrir un determinado rango de

velocidad y para diferentes valores de ángulo de timón y cambio de dirección, vide Tupper (2002).

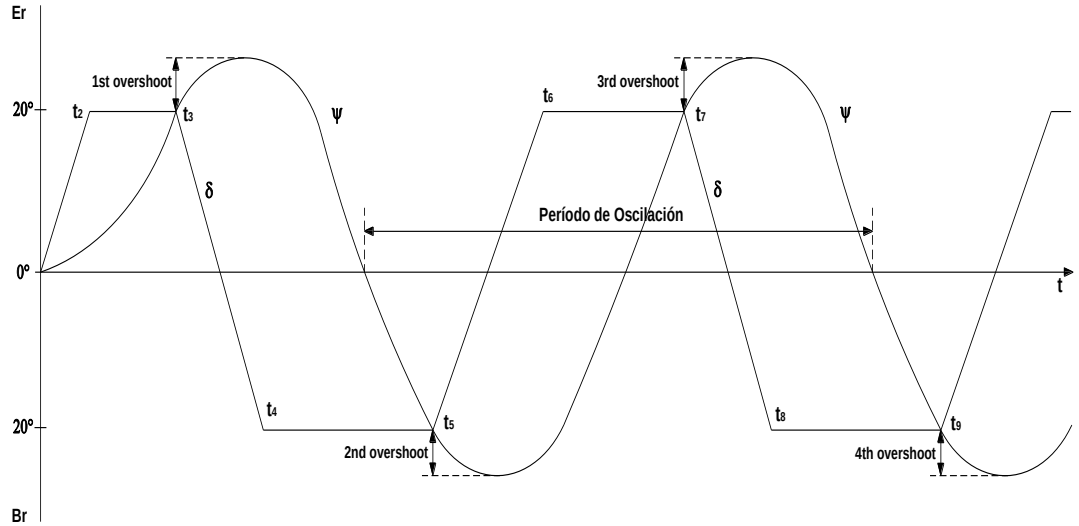


Figura 3. Maniobra zig-zag

Abkowitz (1964) formulo las acciones fluidas en avance, desvío y guiñada para un buque en maniobras en aguas tranquilas como siendo representables por medio de las expansiones en la Series de Taylor multi-variables, en las cuales son definidas las llamadas derivadas de movimiento lento. Las expansiones son adecuadamente definidas en el entorno de un movimiento de referencia, usualmente la velocidad rectilínea uniforme de avance U. De esta forma la formulación de Abkowitz (1964) es pertinente para maniobras en la típica situación de velocidad de crucero la cual pequeñas perturbaciones son sobrepuestas, o sea, la velocidad media es bien mayor que aquellas inducidas en el curso de la maniobra.

Los simuladores de maniobras integran un modelo definido por un conjunto de ecuaciones diferenciales (generalmente envolviendo los movimientos de avance, desvió y guiñada) no lineales y un conjunto de datos que especifica características geométricas e inerciales del buque, y también como sus coeficientes hidrodinámicos, vide Neves (1997) y Santos (1999). Los coeficientes hidrodinámicos pueden, en principio, ser determinados por diferentes procedimientos: métodos teóricos, métodos numéricos, testes cautivos, testes semi-cautivos e interpolación en datos de series sistemáticas.

Este trabajo es un estudio sobre la maniobrabilidad del buque pesquero en condiciones de aguas tranquilas, en el cual se simula numéricamente la trayectoria de la embarcación, mediante un modelo matemático no lineal de tercera orden, y se considera solo tres grados de libertad, avance (surge), desvío (sway) y guiñada (yaw), este modelo numérico esta basado en el modelo matemático propuesto por Abkowitz (1964), que considera los acoplamientos horizontales característicos de maniobra.

CARACTERISTICAS DEL BUQUE

El buque ensayado por la ITTC para el presente trabajo corresponde a un pesquero rápido de cerco, de formas finas, denominado aquí, PS. Las características principales y plano de formas de este buque son presentados en la Tabla I y la Figura 4, respectivamente.

Tabla I. Características del buque PS

Denominación	
Eslora entre perpendiculares	34.50 m
Manga	7.60 m
Puntal	3.07 m
Calado medio	2.65 m
Radio de giro en rolido	3.86 m
Radio de giro en guiñada	3.28 m
Radio de giro en cabeceo	3.28 m
Altura metacéntrica transversal*	0.75 m
Posición vertical del C.G.	3.36 m

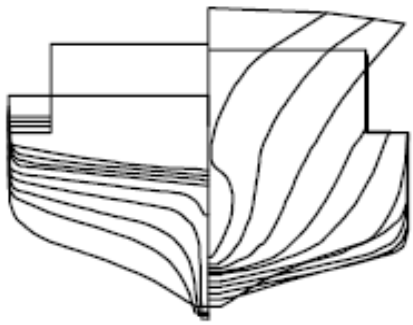


Figura 4. Líneas de forma del buque PS.

Este buque fue reproducido en escala 1/15 y fue efectuada una serie sistemática de ensayos radio-controlados que fueron utilizados en el *24th International Benchmark Testing of Numerical Modelling on Intact Stability 2005,* vide Cipriano (2005). Todos estos ensayos fueron realizados en el Tanque del Instituto de Ingeniería de Pesca de Japón (NRIFE). En la Tabla II se presenta las derivadas de maniobra del buque pesquero en forma adimensional, vide Hashimoto y Umeda (2001).

Tabla II Coeficientes de maniobrabilidad del buque pesquero

X_{vr}	0.01420	N_v	0.05949
X_{vv}	-0.02814	N_r	-0.091552
X_{rr}	0.01091	N_{vvv}	0.135666
Y_v	-0.628262	N_{rrr}	0.041432
Y_r	0.06720	N_{vvr}	-0.305274
Y_{vvv}	-1.208875	N_{vrr}	-0.02606
Y_{rrr}	0.125430		
Y_{vvr}	0.354240		
Y_{vrr}	-0.208090		

CONTRIBUCIÓN DE OTRAS FUERZAS AL MOVIMIENTO DEL BUQUE

Para complementar el tratamiento de las fuerzas que actúan sobre el buque, las siguientes contribuciones son consideradas, vide De Kat (1988):

Timón:
El timón, siendo un perfil hidrodinámico, sufre la acción de una fuerza de sustentación y de una fuerza de arrastre, cuando es sometido a un dado ángulo de ataque en relación al flujo de agua. Para un dado ángulo de ataque, la fuerza de sustentación depende de:

- Forma de la sección del perfil
- Área del timón
- Distribución de las secciones y en particular, la razón de aspecto del timón, esto es, la razón entre la altura del timón y la longitud media de la cuerda.
- Velocidad del agua atacando el timón.

Existen muchas formulas semi-empíricas para el calculo de las fuerzas en el timón, para su uso en la fase preliminar de proyecto, una de las formulas mas empleadas es la propuesta por Inoue (1981).

$$F_N = \frac{1}{2}\rho \frac{6.13\Lambda}{\Lambda + 2.25} A_R u^2$$

Donde:

F_N : fuerza normal al timón, en N.
A_R : área del timón en m^2
u : velocidad de avance (surge), en m/s
ρ : densidad del agua
Λ : razón de aspecto del timón

Para el cálculo de las derivadas lineales de la fuerza de desvío (sway) y el movimiento de guiñada (yaw) con respecto al ángulo del timón, son empleadas las siguientes formulaciones, vide Inoue (1981):

Para el movimiento de desvío:

$$Y_\delta = -(1 + a_H) F_N$$

Para el movimiento de guiñada:

$$N_\delta = -(1 + a_H) x_R F_N$$

Donde:

Y_δ : derivada lineal de la fuerza de desvío con respecto al ángulo del timón.
N_δ : derivada lineal del momento de guiñada con respecto al ángulo de timón.
a_H : factor de interacción entre el casco y el timón.
x_R : posición longitudinal del timón.

Propulsión y Características de la Resistencia:
La característica de la resistencia referida aquí es la resistencia en aguas tranquilas, donde el buque navega con velocidad constante. Esta resistencia es grandemente afectada por efectos viscosos y por la formación de olas. La curva de resistencia en aguas tranquilas puede ser evaluada a partir de experiencias con modelos en escala reducida o estimada por métodos semi-empíricos o estadísticos.
Las características del propulsor pueden ser evaluadas de forma aproximada por diferentes procedimientos. La suposición básica es que la velocidad de rotación del propulsor η no varía con el tiempo. Conociendo el número de palas, diámetro y otras características, se pueden utilizar las llamadas curvas K_T, K_Q, J para estimar el empuje producido por el propulsor para diferentes velocidades de avance. Una representación esquemática de las curvas K_T, K_Q versus J, para valores constantes de P/D(paso - diámetro) es mostrada en la Figura 5.

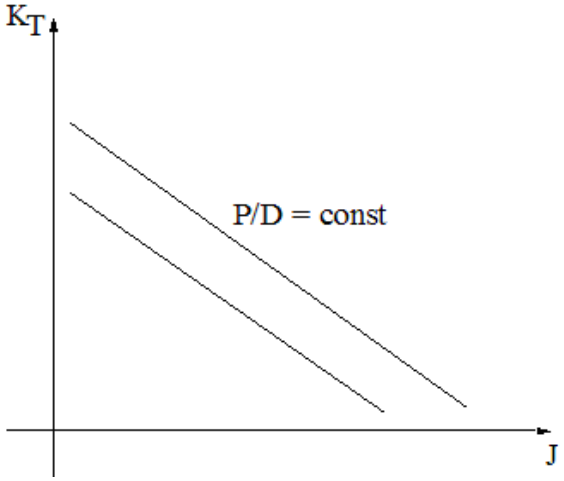


Figura 5. Curva K_T

Las expresiones de los adimensionales K_T y J son mostradas a seguir:

$$K_T = \frac{T}{\rho \eta^2 D^4}$$

$$J = \frac{V}{\eta D}$$

Donde T es el empuje del propulsor, ρ es la densidad del agua, D es el diámetro del propulsor, η es el número de revoluciones del propulsor por segundo, y V es la velocidad de entrada del agua en el propulsor.

MODELO MATEMÁTICO

Las ecuaciones básicas del movimiento en el plano horizontal pueden ser expresadas con respecto a un sistema fijo en el cuerpo y trayectorias en maniobras pueden ser referidas a

sistemas inerciales. La figura 6 muestra el sistema de referencia fijo en el cuerpo, *vide* American Bureau of Shipping (2006). El rumbo del buque es definido por la trayectoria de su centro de gravedad. El ángulo de incidencia o ángulo de guiñada (ψ) se refiere a la orientación del eje longitudinal del buque con respecto al eje longitudinal del sistema inercial. La diferencia entre la orientación del rumbo actual y la incidencia del buque es definida por el ángulo de deriva (β). La velocidad (U) es la velocidad del curso, tangente al rumbo del buque.

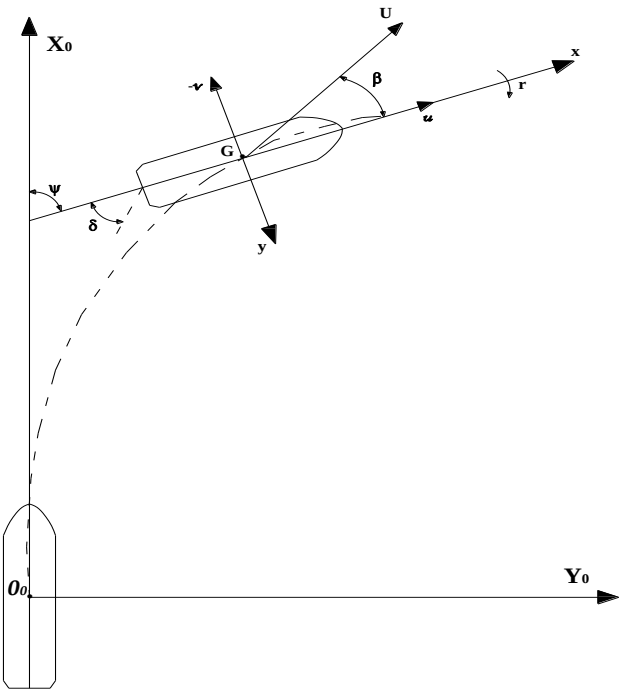


Figura 6. Sistemas de coordenadas y definición de los movimientos del buque.

Muchos autores reúnen términos inerciales con términos hidrodinámicos, vide Velasco (2004), dejando del lado izquierdo de la ecuación de movimiento, solamente los términos ligados a la aceleración. Siguiendo el modelo de Abkowitz (1964), y momentáneamente desconsiderando el movimiento de rolido (roll), las ecuaciones de movimiento quedan de la siguiente manera:

$$(m - X_{\dot{u}})\dot{u} = (X_{vr} + m)vr + \frac{1}{2}X_{vv}v^2 + \frac{1}{2}X_{rr}r^2$$
$$+ (X_u + \frac{1}{2}X_{vvu}v^2 + \frac{1}{2}X_{rru}r^2 + X_{\delta\delta u}\delta^2 + X_{vru}vr)\Delta u$$
$$+ \frac{1}{2}X_{uu}(\Delta u)^2 + \frac{1}{6}X_{uuu}(\Delta u)^3 + \frac{1}{2}X_{\delta\delta}\delta^2 + X_{\delta\delta u}\delta^2\Delta u$$
$$+ X_{v\delta}v\delta + X_{v\delta u}v\delta\Delta u + X_{r\delta}r\delta + X_{r\delta u}r\delta\Delta u + X_u\Delta u$$

$$(m - Y_{\dot{v}})\dot{v} - Y_{\dot{r}}\dot{r} = Y_v v + (Y_r - mu)r + \frac{1}{2}Y_{vvr}v^2r + \frac{1}{2}Y_{vrr}vr^2 + \frac{1}{6}Y_{vvv}v^3$$

$$+\frac{1}{6}Y_{rrr}r^3+(Y_{vu}v+Y_{ru}r)(\Delta u)+(\frac{1}{2}Y_{vuu}v+\frac{1}{2}Y_{ruu}r)(\Delta u)^2+\frac{1}{2}Y_{rvv}rv^2$$

$$+\frac{1}{2}Y_{v\delta\delta}v\delta^2+Y_{r\delta\delta}r\delta^2+Y_{\delta}\delta+\frac{1}{6}Y_{\delta\delta\delta}\delta^3+\frac{1}{2}Y_{\delta vv}\delta v^2+\frac{1}{2}Y_{\delta rr}\delta r^2$$

$$+Y_{\delta u}\delta\Delta u+\frac{1}{2}Y_{\delta uu}\delta(\Delta u)^2+Y_{vr\delta}vr\delta$$

$$-N_{\dot{v}}\dot{v}+(I_z-N_{\dot{r}})\dot{r}=N_v v+N_r r+\frac{1}{2}N_{vvr}v^2r+\frac{1}{2}N_{vrr}vr^2+\frac{1}{6}N_{rrr}r^3$$

$$+(\frac{1}{2}N_{vu}v+\frac{1}{2}N_{ru}r)(\Delta u)+(\frac{1}{2}N_{vuu}v+\frac{1}{2}N_{ruu}r)(\Delta u)^2+\frac{1}{2}N_{v\delta\delta}r\delta^2$$

$$+\frac{1}{2}N_{r\delta\delta}r\delta^2+N_{\delta r}\delta r+\frac{1}{6}N_{\delta\delta\delta}\delta^3+\frac{1}{2}N_{\delta vv}\delta v^2+\frac{1}{2}N_{\delta rr}\delta r^2$$

$$+N_{\delta u}\delta\Delta u+\frac{1}{2}N_{\delta uu}\delta(\Delta u)^2+N_{vr\delta}vr\delta$$

Estas ecuaciones representan los movimientos horizontales de avance, desvío y guiñada, acoplados, que describe los dos movimientos de traslación y uno de rotación, excitados por acciones hidrodinámicas generadas por la aplicación del timón. Los puntos sobre las variables anteriores denotan derivadas en relación al tiempo. Las variables con subíndices representan coeficientes de amortiguamiento, masa adicional y ángulo de timón, respectivamente. Las variables $\Delta u(t)$ y $v(t)$ están definidas como componentes del vector velocidad del centro de gravedad, descompuestas siguiendo los ejes fijos en el cuerpo.

RESULTADOS NUMÉRICOS

Cálculos basados en el modelo matemático descrito anteriormente son realizados para tres tipos de maniobras, y los resultados obtenidos son mostrados gráficamente para un mejor entendimiento del movimiento del buque pesquero. A continuación describiremos los resultados numéricos y compararemos con algunos resultados experimentales y numéricos obtenidos por otras instituciones que participaron en el *24th International Benchmark Testing of Numerical Modelling on Intact Stability 2005,* vide Spyrou (2005), de cada una de las maniobras evaluadas en este trabajo, estos resultados numéricos obtenidos por la COPPE/UFRJ pueden ser encontrados en Cipriano (2008).

Maniobra de Espiral:

Los cálculos de la maniobra de espiral realizados para el buque pesquero PS son mostrados en la Figuras 7, 8 y 9, puede ser mencionado de estas figuras que los resultados calculados son razonablemente buenos, especialmente los resultados explican el comportamiento sensible del buque durante la maniobra de espiral. No obstante, la estabilidad direccional no puede cuantificarse de forma directa.

Uno de los parámetros que puede ser evaluado es el ancho de histéresis, el cual se mide en el origen de coordenadas de la curva trazada con los datos obtenidos, como se muestra en

la Figura 7, donde observamos que nuestro resultado no muestra el ancho de histéresis, y podemos concluir que nuestro buque pesquero es direccionalmente estable.

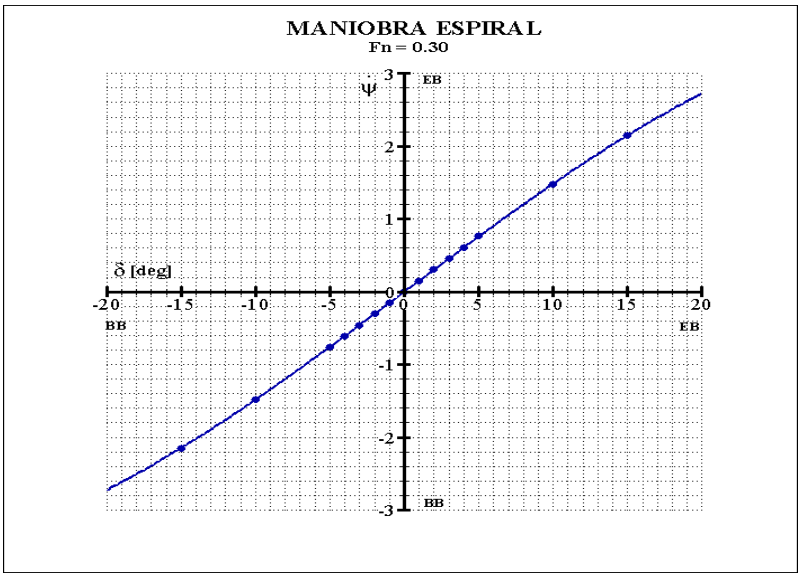


Figura 7. Maniobra espiral del buque pesquero PS

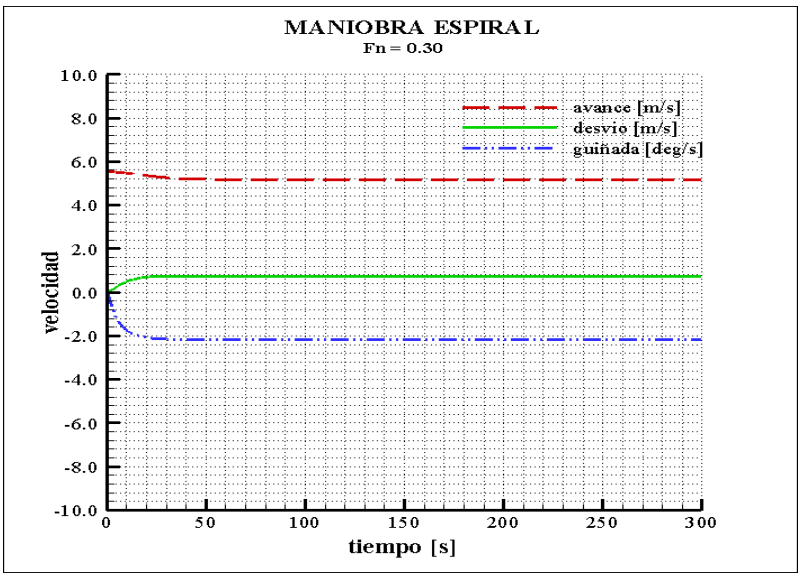


Figura 8. Velocidades del buque pesquero PS en la maniobra espiral

La serie temporal de las velocidades de avance *(surge)*, desvío *(sway)* y guiñada *(yaw)*, para el buque pesquero PS, y representada en la Figura 8, podemos observar que luego de los 20 segundos, ella continúa con un comportamiento permanente para la maniobra de espiral. Es importante mencionar que la denominación de maniobra de espiral se refiere a la trayectoria descripta por el buque pesquero durante la maniobra, como se puede ver en la Figura 9.

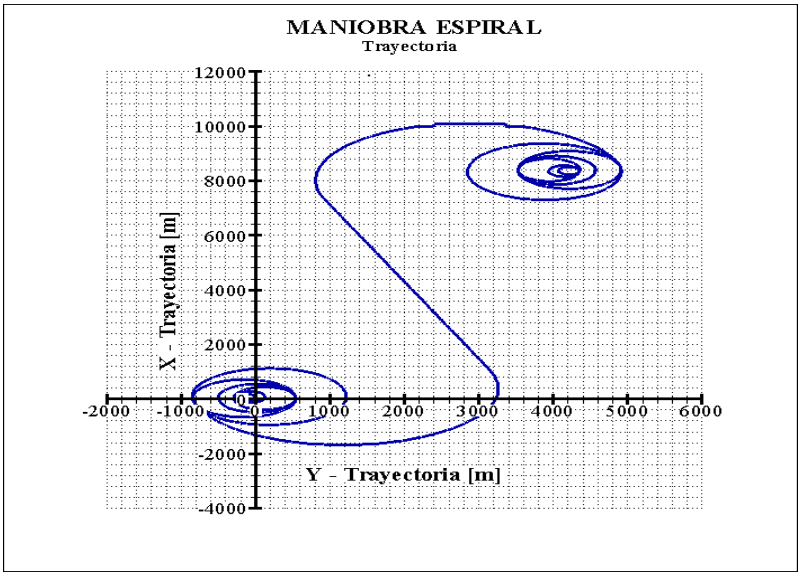


Figura 9. Trayectoria del buque pesquero PS en la maniobra espiral

Maniobra de Giro:

Los resultados obtenidos de la maniobra de giro, para un ángulo de timón de 35° (a estribor) y una velocidad de 10.73 *knot*, es mostrado en la Figura 10. Además, en la Figura 11 se muestra una serie temporal para sus velocidades instantáneas durante esta maniobra. En la Tabla III, utilizamos la siguiente nomenclatura:

X_{90} : avance
X_{10} : avance para cambio de rumbo de 10°
X_{20} : avance para cambio de rumbo de 20°
Y_{90} : traslado lateral
D_T : diámetro táctico
D_G : diámetro de giro
ϕ : ángulo de inclinación al realizar la maniobra de giro
$\bar{r}$: tasa de variación permanente del ángulo de guiñada

Tabla III. Resultados numéricos de la maniobra de giro

Participante	X_{90}	X_{10}	X_{20}	Y_{90}	D_T	D_G	ϕ **[deg]**	$\bar{r}$ **[rad/s]**
COPPE/UFRJ	*2.91*	*1.20*	*1.59*	*1.30*	*3.07*	*2.34*	*4.64*	*4.43*
*PP**	*3.02*	*1.08*	*1.52*	*1.46*	*3.38*	*N/A*	*4.53*	*3.84*
Experimental	*N/A*	*N/A*	*N/A*	*N/A*	*N/A*	*N/A*	*4.66*	*4.35*

**Promedio de los resultados numéricos de los demás participantes*
N/A: resultados no disponibles.

Es importante resaltar que los parámetros como avance X_{90}, traslado lateral Y_{90}, diámetro táctico D_T y diámetro de giro D_G son adimensionalizados por la eslora del buque.

De los resultados obtenidos, según los criterios de maniobrabilidad de la I.M.O. (1993), el avance del buque debe ser menor a 4.5 esloras, y para nuestro buque pesquero analizado

obtuvimos 2.91 esloras. Así también los valores del diámetro táctico no debe exceder a 5 esloras, nuestro resultado da un valor de 3.07 esloras. La capacidad de giro inicial no debe exceder las 2.5 esloras y para nuestro caso dio un valor de 1.20 esloras, como se puede observar en la Tabla III.

Así también de la Tabla III vemos que se cuenta con pocos resultados experimentales completos, y las comparaciones entre nuestros resultados numéricos y los resultados experimentales disponibles y los obtenidos por las demás instituciones nos permiten concluir que nuestro simulador numérico reproduce confiablemente la maniobra de giro

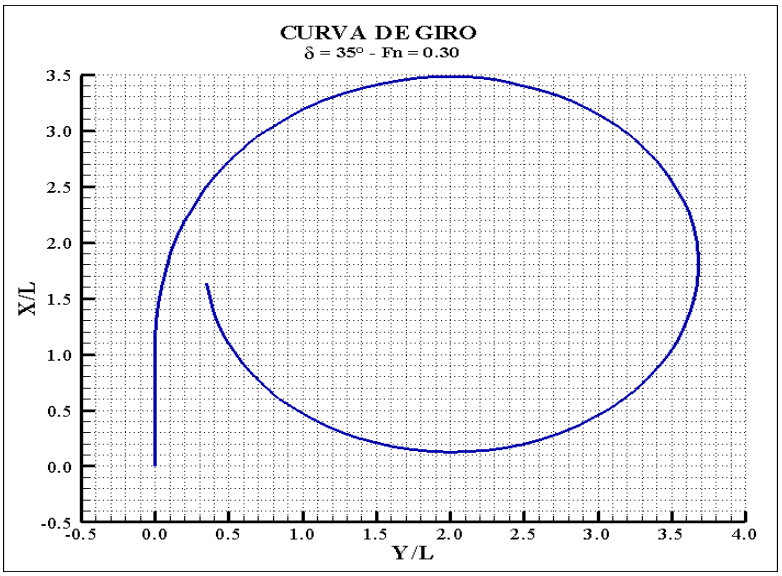


Figura 10. Maniobra de giro del buque pesquero PS

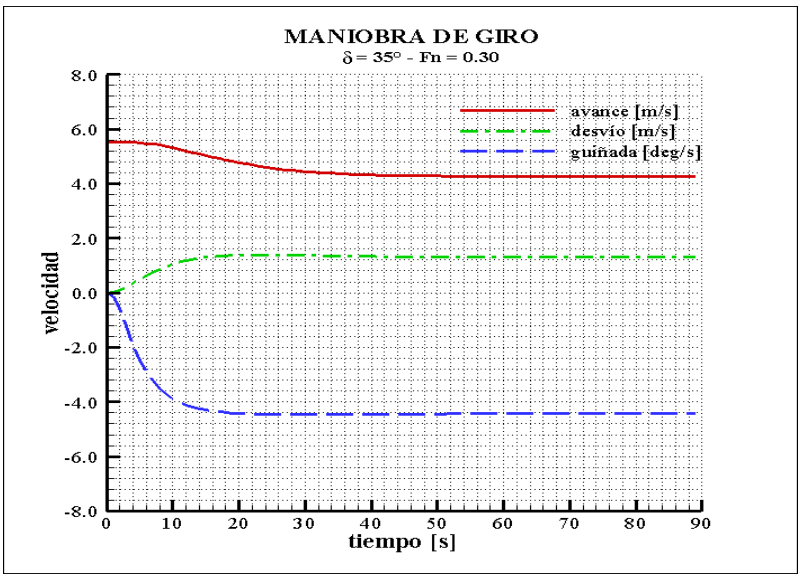


Figura 11. Velocidades del buque pesquero PS en la maniobra de giro

Maniobra de Zig-Zag:
Las simulaciones numéricas para la maniobra de zig-zag fueron realizadas para condiciones de ángulo de timón de 10°/10° y 20°/20°, y una velocidad de 10.73 knot, donde son referenciados los overshoot en guiñada para la primera y segunda aplicaciones del timón, como se puede ver en la Tabla IV.

Tabla IV. Resultados numéricos de la maniobra de zig-zag

Participante	Acción del timón	1º overshoot [deg]	2° overshoot [deg]	1ra ejecución del timón [s]	2da ejecución del timón [s]
COPPE/UFRJ	*10°/10°*	*4.49*	*4.70*	*12.15*	*40.57*
	20°/20°	*9.77*	*11.61*	*12.80*	*42.50*
*PP**		*10.03*	*10.74*	*11.64*	*39.49*

** Promedio de los resultados numéricos de los demás participantes*

También se puede observar en la Tabla IV, los resultados obtenidos para la acción del timón de *10°/10°*, el primer *overshoot* y el segundo *overshoot* cumplen con el criterio de la I.M.O. (1993) para maniobras, el valor numérico de nuestros *overshoot* esta por debajo de los 10°, teniendo en el primer *overshoot* el valor de 4.49° y para el segundo *overshoot* el valor de 4.70°, como es requerido por las recomendaciones.

A pesar de, en este caso, no contar con resultados experimentales, puede verse de la Tabla IV, que los resultados numéricos están próximos del promedio de las demás instituciones participantes, permitiéndonos concluir preliminarmente que nuestro código numérico es capaz de lidiar bien con maniobras extremas como la de zig-zag.

Las Figuras 12, 13 y 14 muestran las simulaciones numéricas de la maniobra de zig-zag *10°/10°* del buque pesquero PS en aguas tranquilas. La Figura 12 presenta la secuencia de aplicaciones del timón en la maniobra, y los correspondientes ángulos de rumbo, por ejemplo el primer *overshoot* se da antes de los primeros 20 segundos. La Figura 13 muestra las velocidades en avance, desvío y guiñada para la condición de maniobra zig-zag *10°/10°* del buque PS, y se observa también la excelente respuesta del barco pesquero en sus movimientos horizontales que predomina la maniobrabilidad. En la Figura 14 podemos ver la trayectoria del buque PS para esta maniobra, donde se ve la concordancia con las otras respuestas del buque pesquero.

Así también las Figuras 15, 16 y 17 muestran las simulaciones numéricas de la maniobra de zig-zag *20°/20°* del buque pesquero PS en aguas tranquilas. La Figura 15 presenta la secuencia de aplicaciones del timón en la maniobra, y los correspondientes ángulos de rumbo, el primer *overshoot* se da antes de los 20 segundos como en el caso anterior. La Figura 16 muestra las velocidades en avance, desvío y guiñada para la condición de maniobra zig-zag del buque PS, como es coherente la respuesta de la velocidad en guiñada *(yaw)* para la maniobra zig-zag *20°/20°* es mayor que de la maniobra zig-zag *10°/10°*. También es evidente que para un ángulo del timón mayor la respuesta de la trayectoria en Y debe ser mayor como se muestra en la Figura 17.

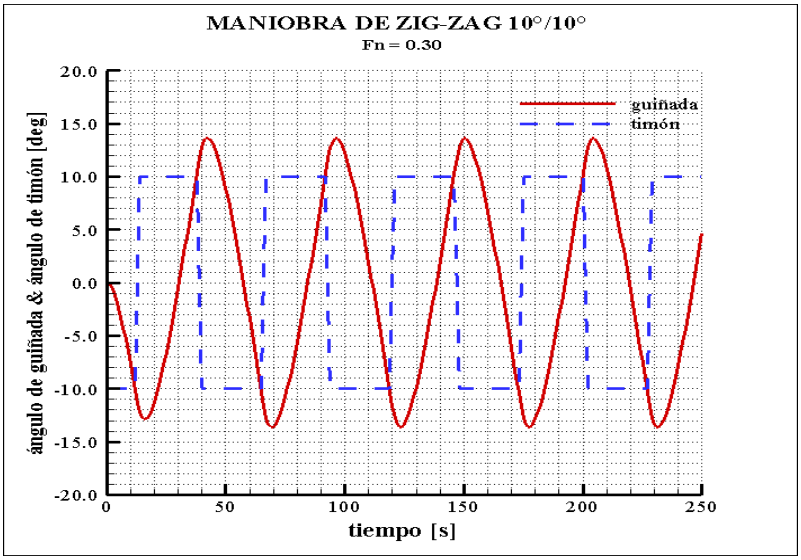


Figura 12. Maniobra zig-zag 10°/10° del buque pesquero PS

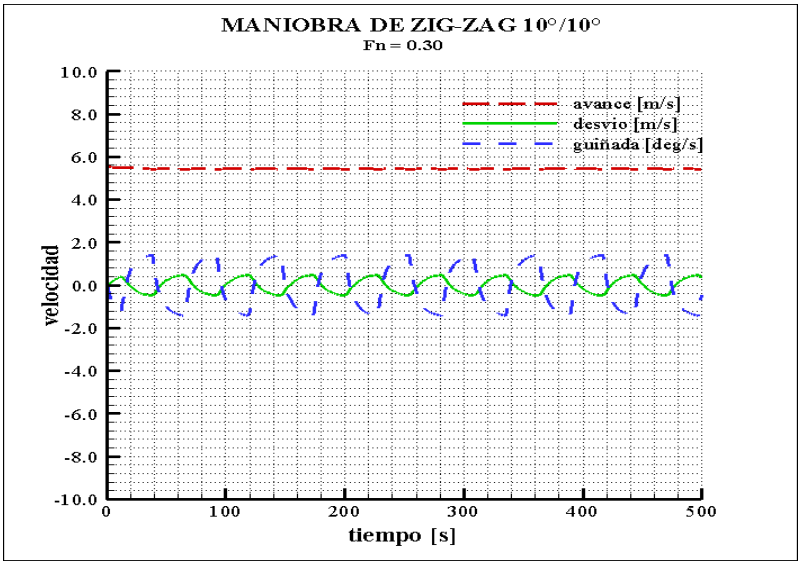


Figura 13. Velocidades del buque pesquero PS en la maniobra zig-zag 10°/10°

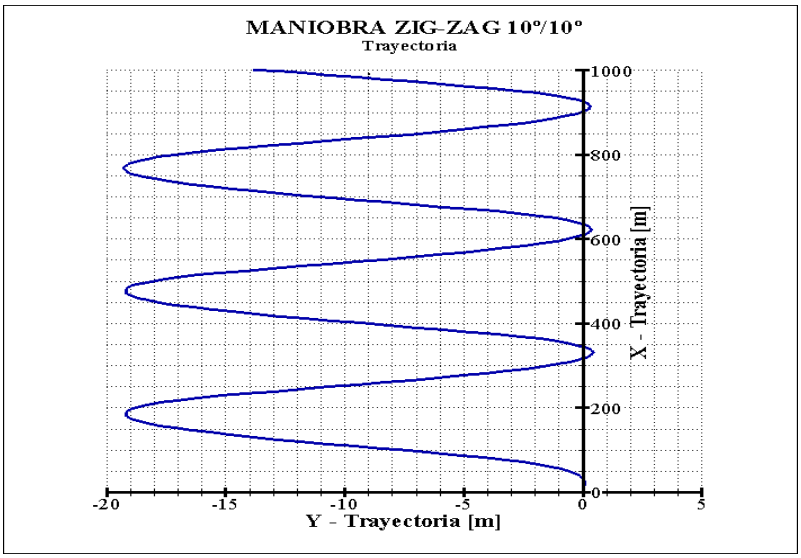


Figura 14. Trayectoria del buque pesquero PS en la maniobra zig-zag 10°/10°

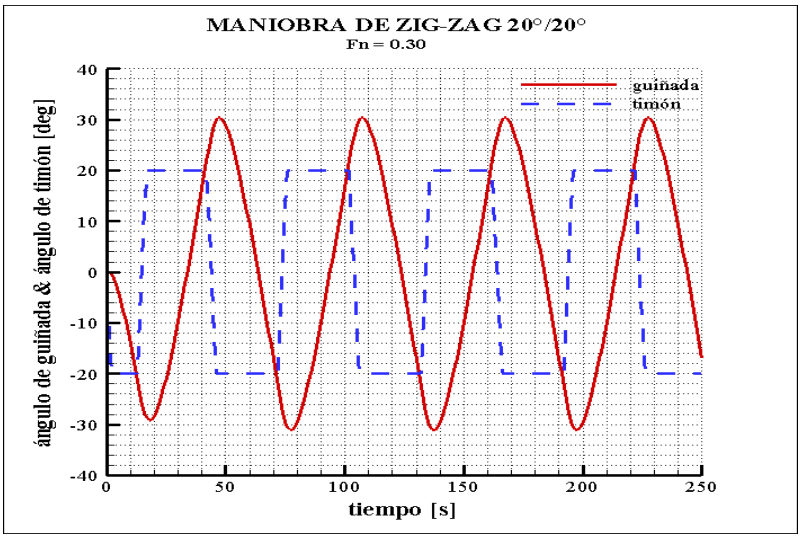


Figura 15. Maniobra zig-zag 20°/20° del buque pesquero PS

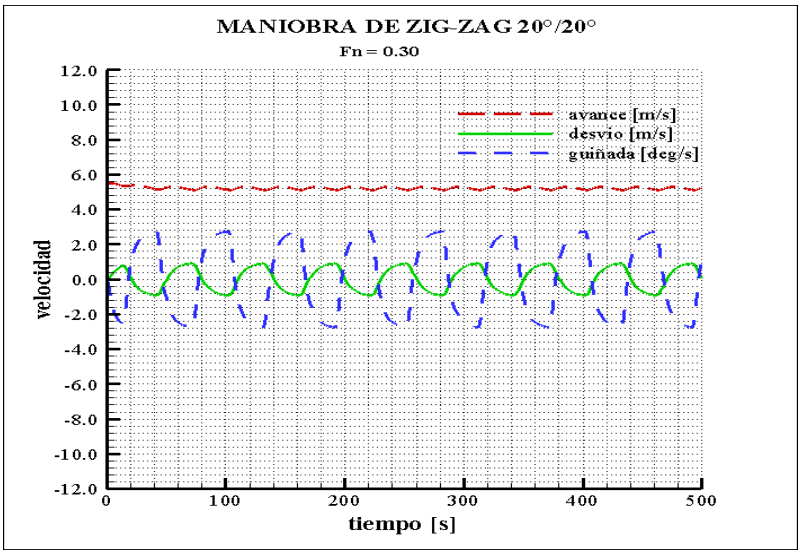


Figura 16. Velocidades del buque pesquero PS en la maniobra zig-zag 20°/20°

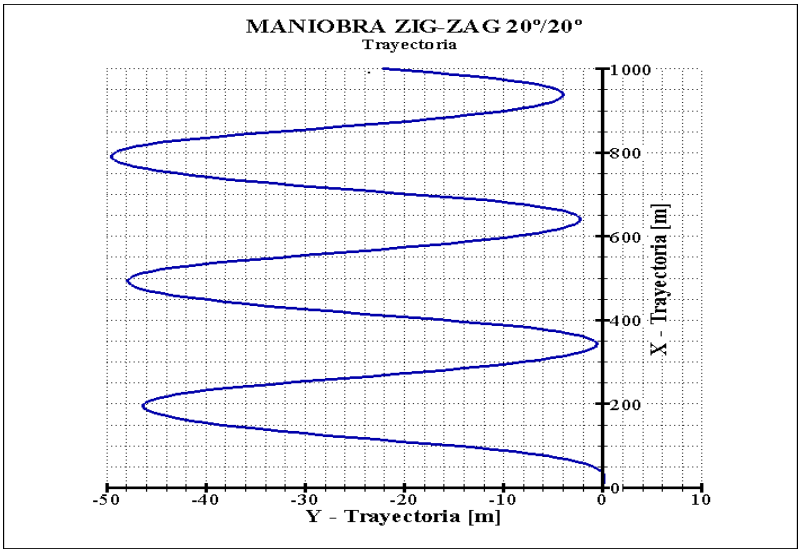


Figura 17. Trayectoria del buque pesquero PS en la maniobra zig-zag 20°/20°

Observamos en la Tabla IV, los resultados obtenidos para la acción del timón de *20°/20°*, el primer *overshoot* y el segundo *overshoot* con valores de *9.77°* y *11.61°* respectivamente, ambos cumpliendo los criterios de la I.M.O. (1993) para maniobras estandarizadas, como fue visto anteriormente.

CONCLUSIONES

Como se mencionó al principio de este trabajo el objetivo era fundamentalmente de simular numéricamente la trayectoria de un buque pesquero, mediante un modelo matemático no lineal, en el dominio del tiempo, sobre la acción del timón, durante las maniobras estandarizadas de curva de giro, espiral y zig-zag. Esta es la aportación de tipo general más importante de este trabajo al estudio de la maniobrabilidad de buques pesqueros. No obstante lo anterior y como conclusiones particulares más destacadas se pueden señalar lo siguiente:

Una vez evaluadas numéricamente las cualidades de maniobrabilidad, sea mediante simulación numérica, o bien realizando ensayos con modelos o en las propias pruebas del mar del buque pesquero, se hace necesario juzgar dichas cualidades. Hasta el momento no existen criterios universalmente aceptados para evaluar la maniobrabilidad de buques pesqueros, pero la I.M.O. (1993), ha dado normas y directrices con respecto a la estandarización de la maniobrabilidad de buques, los cuales son vitales para garantizar viajes seguros y océanos limpios. Por lo tanto los valores mínimos aceptables que debe reunir un buque pesquero no han de diferir mucho, a los requerimientos exigidos por la I.M.O (1993).

El método de predicción para la maniobrabilidad del buque pesquero, basado en el modelo matemático no lineal propuesto por Abkowitz (1964), es demostrado su utilización de manera práctica en la etapa de anteproyecto, consecuentemente podemos verificar si el buque pesquero cumplirá o no, con los requerimientos de maniobrabilidad impuestos. Y estos estudios nos permiten tener algunas conclusiones finales que pueden ser tomadas en cuenta por el ingeniero naval, los cuales se enfrentan con dificultades para predecir la buena maniobrabilidad.

Las maniobras de curva de giro, espiral y zig-zag en aguas tranquilas son muy bien modeladas por los términos de tercera orden de maniobrabilidad en avance, desvío y guiñada. Existe una excelente adherencia en los resultados.

La simulación de la maniobra espiral que fue mostrada anteriormente, se puede mencionar que los resultados obtenidos son razonablemente buenos, especialmente los resultados explican el comportamiento sensible del buque pesquero durante la maniobra. No obstante, la estabilidad direccional no puede cuantificarse de forma directa. Uno de los parámetros puede ser el ancho de histéresis, el cual se mide en el origen de coordenadas de la curva trazada con los datos obtenidos, pero nuestro resultado muestra que no existe ningún ancho de histéresis, y concluimos que el buque pesquero es direccionalmente estable.

Los resultados de la maniobra de giro, para un ángulo de timón de 35°, sometidos a los criterios de maniobrabilidad, muestra que, la maniobra de giro es aquella que más

incorpora influencias no lineales asociadas a las características de maniobrabilidad en aguas tranquilas, mucho más que la maniobra de zig-zag. Una excelente concordancia de nuestros resultados apunta para el hecho de que la descripción de las acciones hidrodinámicas no-lineales relevantes para la dinámica del buque pesquero en el plano horizontal es satisfactoria, en la ausencia de olas.

Las respuestas de la maniobra de zig-zag para condiciones de ángulo de timón de 10°/10° y 20°/20°, podemos decir que existe una excelente concordancia en los resultados obtenidos. Para la acción del timón de 10°/10° y 20°/20°, el primer *overshoot* y el segundo *overshoot*, ambos cumplen con los criterios de maniobrabilidad de la I.M.O (1993).

Existen varios métodos para predecir la maniobrabilidad del buque y cada método tiene sus propios méritos y desméritos. Es importante mencionar que se debe establecer métodos exactos de pruebas de mar y también métodos para la evaluación de perturbaciones externas. Por esta razón es recomendable crear una base de datos de pruebas de mar que sirvan para validar y mejorar los métodos de predicción de la maniobrabilidad en buques pesqueros.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo es parte de un proyecto de investigación financiado por CNPq y LabOceano/COPPE/UFRJ del Brasil. Los autores manifiestan su agradecimiento por el apoyo recibido.

REFERENCIAS

Abkowitz, M. A., 1964, Lectures on Ship Hydrodynamics Steering and Maneuverability. Hydrodynamics Department Hydro-og Aerynodamisk Laboratorium, Report No Hy-5, Lyngby, Denmark.

American Bureau of Shipping, 2006, Guide for Vessel Maneuverability. ABS Plaza, Houston, TX 77060 USA.

Baquero, A., 1981, *Análisis del Comportamiento del Buque Bajo la Acción del Timón*. Tese de Dr. Ing., ETSIN – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.

Cipriano, W., 2005, Estabilidade do Navio em Condições Extremas: Estudo de um Modelo Numérico Não-Linear de Terceira Ordem, Acoplado em Seis Graus de Liberdade. Tese de M.Sc., COPPE - Engenharia Oceânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Cipriano, W., 2008, Aplicación de un Modelo Numérico para la Predicción de la Maniobrabilidad de Buques Pesqueros de Cerco. Tesis de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Mecánica – Escuela Profesional de Ingeniería Naval, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

Clarke, D., 1983, “The Application of Maneuvering Criteria in Hull Design Using Linear Theory”. RINA transactions, Vol. 125.

Crane, C. L., 1966, “Studies of Ship Maneuvering – Response to Propeller and Rudder Actions”. In: Ship Control Systems Symposium, Annapolis, U.S.A.

De Kat, J. O., 1988, *Large Amplitude Ship Motions an Capsizing in Severe Sea Conditions.* Dissertation Ph.D., University of California, Berkeley, United States of America.

Hashimoto, H., Umeda, N., 2001, “Importance of Wave Effects on Maneuvering Coefficients for Capsizing Prediction”. In: Proceedings of 5th International Workshop on Stability and Operational Safety of Ships, Trieste, Italy, pp. 6.4.1-6.4.8

IMO, 1993, “Interim Standards for Ship Maneuverability”. Resolution A.751 (18).

Inoue, S., Hirano, M., Kijima, K., 1981, “Hydrodynamics Derivates on Ship Manoeuvring”. International Shipbuilding Progress, vol. 28, Nº 325.

Kijima, K., et al., 1990 “On the Maneuvering Performance of a Ship with the Parameter of Loading Condition”, Journal of Society of Naval Architects of Japan, 168, pp 141-148.

Neves, M., Valerio, L., 1997, Programa para Simulação Numérica de Manobras de Navios em Águas Calmas (INOUE-MANUAL). Fundação COPPETEC, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Mar.

Nomoto, K., et al., 1957, “On the Steering Qualities of Ships”, International Shipbuilding Progress, vol. 4, no. 35.

Santos, E. M., 1999, Uma Abordagem Sobre Modelos Matemáticos para Simulação de Manobras de Navios em Tempo Real. Tese de M.Sc., COPPE- Engenharia Oceânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Spyrou, K., Themelis, N., Tigkas, I., 2005, “Benchmark Study of Numerical Codes for the Prediction of Intact Stability of Ships in Extreme Seas: Phase II”, *Specialist Committee on Stability in Waves, ITTC Report, Athens.*

Tupper, E., 2002, Introduction to Naval Architecture. Third Edition. Oxford, Great Britain, Elsevier Science.

Velasco, F., Rueda, T., López, E., et al., 2004, “Modelos Matemáticos para el Control de Gobierno de Buques”. En: XXV Jornadas de Automática, Ciudad Real, España, Set.

Yoshimura, Y. And Ma, N., 2003, “Manoeuvring Prediction of Fishing Vessel”, In: MARSIM’03, Kanazawa, Japan, Aug.

SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO BASEADO EM VISÃO COMPUTACIONAL E *LASER*

Dr. Paulo Henrique Buscariollo
Faculdade de Tecnologia de Jahu – FATEC
E-mail: phb.jau@ig.com.br

Dr. Helio Mitio Morishita
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
E-mail: hmmorish@usp.br

Dr. Antonio Eduardo Assis Amorim
Faculdade de Tecnologia de Jahu – FATEC
E-mail: diretoria@fatecjahu.edu.br

Ms. Luiz Alberto Sorani
Faculdade de Tecnologia de Jahu – FATEC
E-mail: sorani.fatec@yahoo.com.br

RESUMO

Este trabalho concentra-se no desenvolvimento de um sistema de visão computacional auxiliado por ponteiros de raio *laser*, que geram marcos visuais artificiais em ambientes não estruturados, possibilitando medir distâncias e ângulos baseado no método da triangulação. Foram testados *lasers* com diferentes comprimentos de onda, em ambiente aéreo e subaquático, com diferentes índices de turbidez, níveis de luminosidade e distâncias. Baseado nos resultados e utilizando o sistema de visão e *laser* como método de sensoriamento, foi projetado e implantado um sistema de posicionamento dinâmico para o plano horizontal, utilizando Filtro de Kalman. A avaliação do sistema de posicionamento dinâmico e do método de sensoriamento foi realizada por meio de simulação numérica e averiguação experimental, utilizando-se um modelo reduzido de embarcação. Os resultados experimentais indicaram a viabilidade da aplicação do método, mostrando-se um método simples, confiável, ativo e independente.

ABSTRACT

This study concentrates on the development of a computer vision system supported by *laser* pointing devices that generate artificial landmarks in non-structured environments, facilitating distance and angle measurement based on the triangulation method. *Lasers* of different wavelengths were tested in air and underwater environments, where the latter had differents indices of turbidity, levels of luminosity, and distances. Based on the results and utilizing the system of vision and *laser* as a sensor method, a dynamic positioning system for the

horizontal plane has been created through the use of Extended Kalman Filter. The evaluation of this dynamic positioning system and of the sensor method was accomplished through numeric simulation and experimental checks using a reduced model of a surface vehicle, The experimental results show that the application of the sensor method is viable and proved to be an independent, active, reliable, and simple method.

1 INTRODUÇÃO

A aplicação de um sistema de posicionamento dinâmico (SPD) em um veículo tem como objetivo fazer com que o mesmo possa perseguir uma determinada trajetória ou se manter em torno de uma posição em relação a um alvo. Assim, um SPD deve possuir um sistema de sensoriamento, um sistema de controle e um sistema de propulsores (TANNURI; MORISHITA, 2006).

No Brasil, o desenvolvimento desse tipo de tecnologia é importante para aplicação, tanto em embarcações de apoio a plataformas marítimas de extração de petróleo, nas operações de alívio do óleo dos FPSOs (*Floating, Production, Storage and Offloading*), como também em ROVs para missões de inspeção e pequenos reparos nas estruturas submersas das plataformas (HSU *et al.*, 2000).

Devido a carência no desenvolvimento de veículos submersíveis, para aplicação em meios subaquáticos fluviais, desde 1995 um grupo de pesquisadores da Faculdade de Tecnologia de Jahu (FATEC-JAHU), vem trabalhando no desenvolvimento de veículos submersíveis não tripulados de operação remota para aplicações em ambientes fluviais. Atualmente, encontra-se em fase de testes a segunda versão do projeto, denominado (VSNT–Jaú II), cuja missão principal é a captura de imagens em ambientes subaquáticas (SORANI, 2003).

Este trabalho tem como objetivo avaliar a potencialidade da utilização da visão computacional e *laser* como sensor de distância, considerando-se o comprimento de onda do *laser*, nível de luminosidade, turbidez da água e distância. Baseado nos resultados foi desenvolvido um sistema de controle para o posicionamento dinâmico no plano horizontal. A averiguação experimental do sistema de posicionamento dinâmico com visão computacional e raio *laser* foi efetuada utilizando-se um modelo reduzido de embarcação no laboratório do Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

2 VISÃO COMPUTACIONAL APLICADA EM VEÍCULOS SUBMERSÍVEIS NÃO TRIPULADOS

A visão computacional utilizada como método de sensoriamento, tem grande potencial de aplicação em submersíveis não tripulados. Porém, sua principal restrição está relacionada com o campo de visão, que tem uma distância limitada devido às características da propagação da luz na água (HORGAN; TOAL, 2006).

Para um sistema de visão computacional composto de apenas uma câmera, ser capaz de medir os deslocamentos em relação a um objeto ou alvo, o robô deve estar inserido em um ambiente estruturado, ou seja, as dimensões e características dos objetos devem ser conhecidas, pelo contrário não é possível medir os deslocamentos do robô.

Os movimentos de aproximação e recuo são calculados através da distância entre os *pixels* das bordas de um objeto ou marco visual. É importante salientar que o veículo deve estar posicionado perpendicularmente ao objeto.

Uma vez obtidas as coordenadas dos *pixels* que compõem as bordas do objeto, é possível determinar a distância através da relação:

$$D_a = D_i \left(\frac{Lp_i}{Lp} \right) \qquad \textbf{(1)}$$

onde:

D_a é a distância calculada;

D_i é a distância inicial informada;

Lp_i é a largura inicial em *pixels* do objeto;

Lp é a largura do objeto em *pixels* calculada durante o processamento.

Convém destacar que a única informação necessária para o processamento da distância através da eq. (1) é a distância inicial.

O deslocamento lateral pode ser calculado através da variação da coordenada do *pixel*, que representa o centróide do objeto, matematicamente representado por:

$$V_d = (P_i - P_a) \left(\frac{L_o}{Lp_i} \right) \qquad \textbf{(2)}$$

onde:

V_d é a variação do deslocamento lateral;

P_i é a coordenada do *pixel* do centróide no início do processo;

P_a é a coordenada do *pixel* do centróide calculada após a movimentação;

L_o é a largura do objeto ou marco visual.

Portanto, a distância D_a e V_d permite definir as coordenadas X e Y no eixo cartesiano.

A restrição do método reside no fato de que o sistema não é sensível aos movimentos de rotação e informações em 3D por possuir apenas uma câmera (CACCIA, 2003). Portanto a aplicação deste método fica limitado para uso como sensor de posição. Para suprir está limitação do sistema, Caccia (2004), Karras, Panagou e Kyriakopoulos (2006) propõem a utilização da visão combinando o uso de ponteiros de raio *laser* para que a incidência dos seus raios no alvo crie marcos visuais reconhecíveis pelo sistema, utilizando-se o método da triangulação.

O método para o cálculo da distância por triangulação a *laser* baseia-se no princípio da semelhança de triângulos (CHEN, 2001). Um ponteiro de *laser* emite um raio e, ao incidir em um obstáculo, forma um ponto que é utilizado para o cálculo da distância.

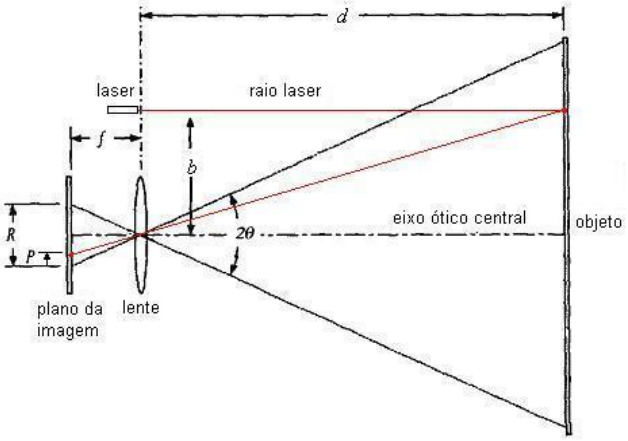


Figura 1- Esquema do sistema de detecção de distância através da triangulação

A Figura 1 mostra o esquema proposto para o método da triangulação, ilustrando o campo de visão da câmera, representado pelo ângulo θ. Onde *f* é a distância focal; *b* é a distância entre o eixo central do *laser* e o eixo central da câmera; *R* é a resolução da câmera; *P* é a coordenada que representa o centro do ponto do *laser* refletido; *d* é a distância entre a câmera e o objeto alvo.

Segundo Chen (2001), a distância focal *f* é uma informação que normalmente não é dada ou não é precisa para câmeras comuns adquiridas no mercado. Se este for o caso, podem se efetuar ensaios de calibração para obter a distância focal.

Por semelhança de triângulos, a distância é calculada por:

$$d = \frac{bR}{(2P - R)\tan\theta} \qquad \textbf{(3)}$$

onde:

$$\tan\theta = \frac{R}{2f}$$

Para o cálculo da distância, o método da triangulação utiliza a coordenada de apenas um *pixel*. No entanto, na prática, quando o raio de *laser* incide sobre o obstáculo, este é refletido e captado pelo sensor CCD (Charge Coupled Device) da câmera e normalmente, são iluminados vários *pixels* ao mesmo tempo. Dessa forma, é necessário utilizar um algoritmo para detectar a coordenada que representa o centróide do ponto do *laser*.

Existem alguns métodos aplicados para essa finalidade, tais como: prova de curva quadrática, interpolação quadrática de duas dimensões e centro de iluminação (CHEN, 2001). Sendo este último o utilizado neste trabalho.

Quando o arranjo do sistema de visão possui dois *lasers* paralelos à câmera, é possível prover o sistema da capacidade de medir, além da distância, o ângulo do veículo em relação a um objeto (KONDO; URA, 2004).

A Figura 2 mostra a ilustração de um veículo submersível aproado em relação a um plano e à projeção dos *laser*s.

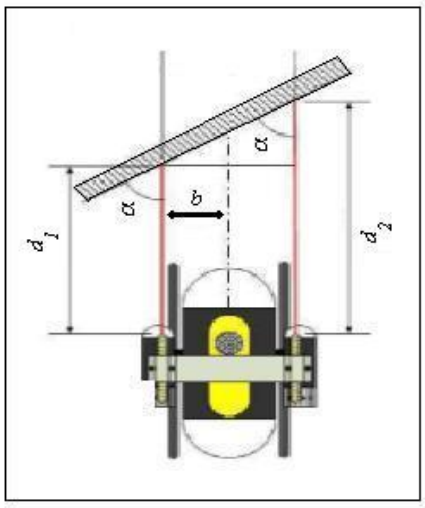


Figura 2- Esquema para cálculo do ângulo de ataque da câmera em relação à parede

As distâncias d_1 e d_2 são obtidas pela eq. (3) e o cálculo da inclinação é dado por:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{d_1 - d_2}{2b}\right) \qquad \textbf{(4)}$$

onde:

d_1 é a distância do primeiro *laser* até a parede;

d_2 é a distância do segundo *laser* até a parede;

b é a distância entre o eixo central da câmera e o raio do *laser* 1 ou 2;

α é o ângulo do veículo em relação à parede.

Quando utilizamos o método da triangulação imerso em um ambiente subaquático, são necessárias adequações para que o sistema consiga medir a distância de forma correta.

Para o cálculo da distância através do método da triangulação devem ser levados em consideração alguns fatores que podem distorcer o ponto de *laser* na imagem e, por conseqüência, influenciar no resultado do sistema, portanto é necessário ajustar os parâmetros para a captação através de um método de calibração, minimizando-se as distorções e, por conseqüência, minimizando-se o erro (CHEN, 2001; CACCIA, 2003, 2004).

2.3 Controlador

Admitindo que a posição do veículo possa ser obtida a partir do sistema de visão computacional, há que se desenvolver a lei de controle para manter o veículo estacionado em uma determinada posição e aproamento ou ainda perseguir uma determinada trajetória.

Para tanto, foi utilizada a abordagem da variável de estado para a determinação da lei de controle, uma vez que ela é mais conveniente para sistemas multivariáveis, como é o caso. Como, possivelmente, haverá ruídos de medida e também perturbação na dinâmica que não foi modelada, será efetuada uma estimação do estado através do Filtro de Kalman Estendido (MORISHITA *et al.*, 2008).

3 EXPERIMENTOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Neste trabalho foram realizados alguns ensaios preliminares com o intuito de verificar a viabilidade da aplicação de um sistema de aquisição e processamento de imagens, de maneira que o sistema possa extrair informações das imagens captadas, com o objetivo de controlar o posicionamento do veículo.

De início, verificou-se experimentalmente, no ar, a eficácia de uma única câmera para determinar as coordenadas lineares, simulando o movimento de deriva de um veículo, em relação a um objeto. Posteriormente, foi adotado o uso de *lasers* para auxiliar o sistema de aquisição e processamento de imagens, na tarefa de medir a distância e ângulo do plano da câmera, em relação a um objeto, utilizando o método da triangulação. Os experimentos foram

realizados no meio aéreo e no meio subaquático onde foram analisadas as influências dos efeitos da turbidez, iluminação e distância.

3.1 Experimentos com uma câmera em laboratório e no meio aéreo

Este experimento teve como objetivo testar a precisão do método, medindo a variação do deslocamento lateral de uma placa em relação à câmera utilizando a eq.(2); na qual se utilizou uma placa com uma faixa de aproximadamente 15 mm de largura em seu centro, como um marco visual artificial. Ocorreram sistematicamente deslocamentos de 100 mm, em um intervalo entre 300 mm a esquerda e 300 mm a direita. Variou-se também a distância da câmera em relação à placa, para testar o efeito desta variação. Os resultados deste experimento estão expostos na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados obtidos através das medições das variações dos deslocamentos laterais

Desl. (mm) / Dist. (mm)	-300	-200	-100	0	100	200	300
	Média das medidas e ± desvio padrão						
1300	-297 ±1	-198 ±1	-100 ±1	3 ±1	99 ±1	195 ±1	294 ±1
1650	-298 ±1	-197 ±1	-97 ±1	1 ±2	102 ±2	199±2	296±2
2000	-303 ±2	-205 ±2	-103 ±2	0 ±2	99 ±2	200 ±2	303 ±2

Analisando a Tabela 1 pode se concluir que o sistema é capaz de medir as variações do deslocamento lateral, com um erro médio abaixo de 1%. Em relação à variação da distância, quando esta aumenta, ocorre também um leve aumento do desvio padrão, que pode ser explicado pela variação da largura da faixa em *pixel*. Quanto mais longe, a faixa ocupa um menor número de *pixels*, aumentando a variação da coordenada do centro da faixa. Portanto, as características do marco visual escolhido, como sua largura, comprimento ou cor podem influenciar nos resultados.

3.2 Experimentos com uma câmera e *lasers*

Para testar o uso de *lasers* em conjunto com uma câmera, aplicado a visão computacional, foram efetuados vários ensaios de modo sistematizado procurando verificar os efeitos da luminosidade, do comprimento de onda do raio *laser*, da reflexão, da absorção do material e do índice de turbidez. O objetivo principal destes ensaios foi verificar o desempenho do sistema na determinação da distância entre a câmera e um alvo. Os experimentos foram realizados em laboratório na Fatec-Jahu e em campo no Rio Jacaré-Pepira que pertence a bacia hidrográfica do Rio Tietê, localizado no interior do estado de São Paulo.

Para a realização dos testes foram utilizados os seguintes componentes e equipamentos:

- dois ponteiros de *lasers* vermelhos 650nm de 3 mW;
- um ponteiro de *laser* verde 532 nm de 30 mW;
- um ponteiro de *laser* azul 473 nm de 5 mW;
- uma câmera filmadora Sony, SteadyShot CCD-TR848;
- conjunto de duas lâmpadas do tipo halógenas dicróicas, com potência de 50 W.

3.2.1 Experimentos no meio aéreo

Os experimentos foram realizados no laboratório na Fatec-Jahu e utilizando-se a iluminação do próprio laboratório (330 lumens). O objetivo foi verificar a precisão do sistema para medir distância comparando-se os resultados com *lasers* de diferentes comprimentos de onda.

As distâncias variavam de 705 mm a 4000 mm e os resultados estão mostrados através da Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados obtidos, através das medições dos experimentos em laboratório no ar

Ref.(mm) / *Laser*	705	854	1001	1150	1317	2000	4000
	Média das medidas e ± desvio padrão						
Vermelho	703 ±1	856 ±1	1002 ±1	1149 ±4	1315 ±1	199 ±2	4004 ±2
Verde	701 ±1	849 ±1	997 ±3	1141 ±5	1317 ±3	2011 ±2	4011 ±2
Azul	706 ±1	856±1	1003 ±3	1154 ±1	1320 ±4	2009 ±4	3996±4

Os valores dessa tabela indicam que foi possível medir a distância em todas as condições e a média das distâncias medidas, comparada com a medida de referência, apresentou um erro médio de 1%. Neste experimento a variação de cores dos diferentes ponteiros não influenciou nos resultados.

Com o objetivo de verificar a precisão do método para medir a variação do ângulo de aproamento, foi realizado outro experimento, também no meio aéreo. Neste caso, houve uma variação da distância entre a câmera e a placa e o ângulo de referência. A Tabela 3 apresenta os resultados desse experimento.

Tabela 3 - Resultados obtidos através das medições das variações angulares

Graus / Dist.	-10	-20	-30	-45	10	20	30	45
	Média das medições ± desvio padrão							
1300 mm	-9 ±1	-20 ±1	-28 ±1	-46 ±1	9 ±1	20 ±1	29 ±1	43 ±2
1650 mm	-13 ±2	-18 ±2	-33 ±1	-47 ±2	9 ±1	18±2	29 ±1	46 ±1
2000 mm	-8 ±3	-19 ±3	-29 ±2	-50 ±2	12 ±3	22 ±2	33 ±2	51 ±3

Analisando os resultados da Tabela 3, pode se observar que o sistema é capaz de medir o ângulo de aproamento. Porém, apresenta um erro médio aproximado de 5% entre o ângulo medido e o de referência. Observa-se também que a variação do desvio padrão tende a crescer conforme se aumenta a distância, e este fato pode gerar uma maior ou menor incidência de ruídos, gerados pelo sensor de acordo com a variação da distância.

3.2.2 Experimentos no Rio Jacaré-Pepira

Foram realizados experimentos no Rio Jacaré-Pepira para testar o sistema composto por câmera e *lasers* dentro do contexto de operação do VSNT-Jaú II, ou seja, com nível de turbidez típico da bacia do Rio Tietê, para analisar a influência do nível de turbidez, condições de iluminação e distância limite para aquisição de imagens.

Os experimentos foram divididos em duas fases: a primeira realizada no período vespertino, com iluminação natural do Sol média de 15.000 lumens e a segunda durante a noite, com iluminação ambiente média de 2 lumens.

Durante o dia e como os experimentos foram realizados em baixa profundidade, aproximadamente 600 mm, na primeira fase, os efeitos da iluminação natural da luz solar e alto índice de turbidez da água que chegou a 22,5 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez) dificultaram a captação das imagens e não foi possível detectar o ponto do *laser* na imagem e por conseqüência também não foi possível calcular a distância entre a câmera e a placa de projeção.

Durante o período noturno, a intensidade da energia luminosa do ambiente era de 2 lumens. Uma amostra de água colhida no momento do experimento e analisada posteriormente em laboratório, apresentou um índice de turbidez de 15,32 UNT.

Como exemplo, é mostrada, a Figura 3, uma imagem submersa captada durante a noite, a uma distância de referência de 1001 mm no Rio Jacaré Pepira.

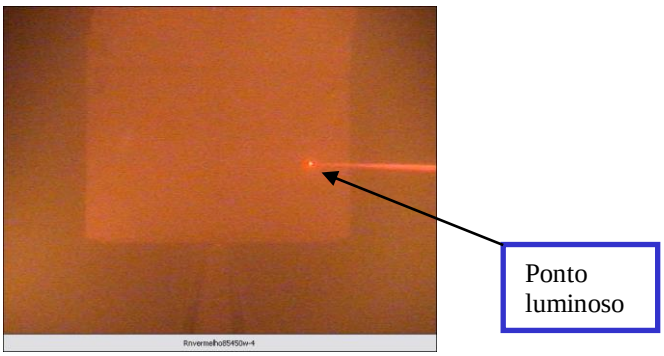


Figura 3 - Imagem do *laser* vermelho e projeção do ponto na placa

A Tabela 4 apresenta os resultados dos processamentos dos pontos dos *lasers* e verifica-se novamente que para o *laser* azul não foi possível detectar o ponto de projeção. O *laser* vermelho apresentou o melhor resultado, sendo possível detectar e medir a distância até 1150 mm, com um desvio padrão máximo de 4 mm.

Tabela 4 - Resultados dos experimentos em rio com apenas iluminação do *laser*

Ref. (mm) / *Laser*	705	854	1001	1150	1317
	Média das medidas ± desvio padrão				
Vermelho	707 ±1	850 ±1	996 ±3	1142 ±4	-
Verde	708 ±1	-	-	-	-
Azul	-	-	-	-	-

Embora o *laser* verde tenha seu comprimento de onda dentro de uma faixa que poderia apresentar um menor coeficiente de absorção comparado com o *laser* vermelho (WALTZ A., 1992), os resultados dos experimentos nestas condições indicaram que o *laser* vermelho apresentou melhor resultado.

Observa-se que o *laser* azul, foi que sofreu maior atenuação, não sendo possível o cálculo da distância. O *laser* vermelho teve menor absorção da energia luminosa, e porntanto apresentou o melhor resultado comparado com o verde e o azul. Este resultado é interessante para o projeto em termos de custo, pois os ponteiros de *lasers* vermelhos são os mais baratos do mercado.

3.3 Experimentos com o Sistema de Posicionamento Dinâmico

A proposta inicial para o desenvolvimento do SPD baseado em visão computacional e *laser* tinha como objeto a aplicação no VSNT – Jaú II. Porém, por motivos de força maior, o submersível não foi concluído a tempo. Portanto, para testes e validação do sistema de posicionamento dinâmico com o método de sensoriamento baseado em visão e *laser* foi utilizado um modelo de navio para uso no tanque de provas do Laboratório de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

3.3.1 Descrição do aparato experimental

A disposição dos equipamentos utilizados pode ser visualizada no esquema da Figura 4.

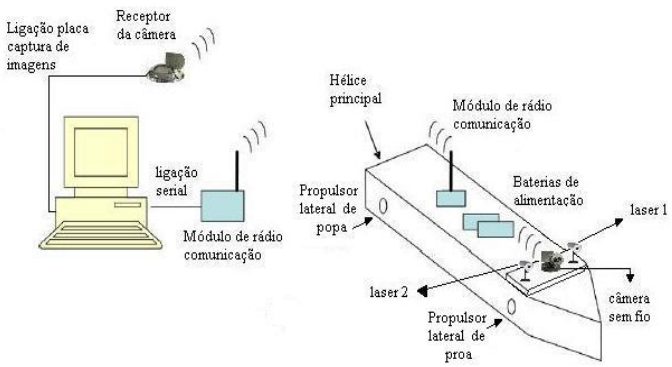


Figura 4 - Esquema de ligação entre o console e o modelo e a disposição dos componentes embarcados

Observa-se, através da Figura 4, os seguintes equipamentos:

- console de controle composto por um computador com uma placa de vídeo captura. Ligado a esta placa, um receptor de rádio freqüência, que recebe os sinais da câmera de vídeo sem fio embarcada. O envio dos sinais de controle é realizado através dos módulos de rádio comunicação.

- embarcado no modelo pode-se visualizar também o sistema de baterias utilizado para alimentação, motores e sistema formado entre câmera e *laser*. Ao lado da câmera sem fio, foram instalados dois ponteiros de *laser*s.

- O modelo é um navio dotado de um hélice principal além de dois propulsores laterais, sendo um de proa e o outro de popa.

A Tabela 5 apresenta as principais dimensões e propriedades do modelo, que foram consideradas neste trabalho.

Tabela 5 Dimensões e propriedades do modelo de unidade flutuante lastreado

Massa (Kg)	30,5
Comprimento (mm)	1780
Boca (mm)	290
Calado (mm)	80

Um programa de visão computacional foi elaborado, utilizando a linguagem de programação *Visual Basic*, que apresenta um bom desempenho para o processamento de imagens em tempo real. O programa é responsável pelo processamento das imagens captadas, extraindo as informações necessárias para o sistema de posicionamento dinâmico. Essas informações são obtidas através de marcos visuais formados pelos raios dos *lasers* embarcados e por um marco visual arbitrário fixado no início de cada ensaio.

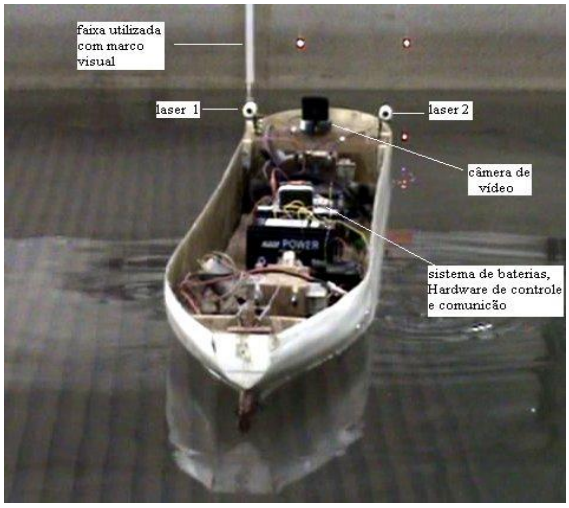


Figura 5 - Foto do modelo durante ensaio

A Figura 5 mostra uma foto captada durante um dos ensaios, na qual podem ser observados os ponteiros *laser*, a câmera embarcada, os dois pontos de *laser* projetados na parede do tanque e a faixa de marcação do tanque que foi utilizada como marco visual.

3.3.2 Ensaios

Primeiramente, os desempenhos do Filtro de Kalman Estendido e do controlador foram avaliados através de simulação numérica em microcomputador. Foram efetuadas várias simulações cujos resultados auxiliaram a determinar o conjunto de ensaios a serem realizados.

A seguir, será apresentado o resultado de um dos ensaios.

O desempenho do controlador e do filtro de Kalman Estendido foram analisados considerando-se os seguintes fatores:

- tempo de acomodação;

- erro em regime permanente;

- nível da variação do ruído;

- comparação entre os sinais estimados pela simulação e estimados durante o ensaio;

- variações do sinal de acordo com a distância e mudança de posicionamento.

Na Tabela 6 estão indicadas as condições iniciais e os valores de referência adotados, objetivando analisar o desempenho do sistema ao se variar somente a referência no eixo *X*.

Tabela 6 - Posição inicial e referência alterada durante o ensaio

Posição / Sinais estimados	Inicial	Referência
***X* (m)**	-2,08	-1,50
***Y* (m)**	0,10	0,10
ψ **(graus)**	-3,0	-3,0

Os resultados podem ser observados através da Figura 6.

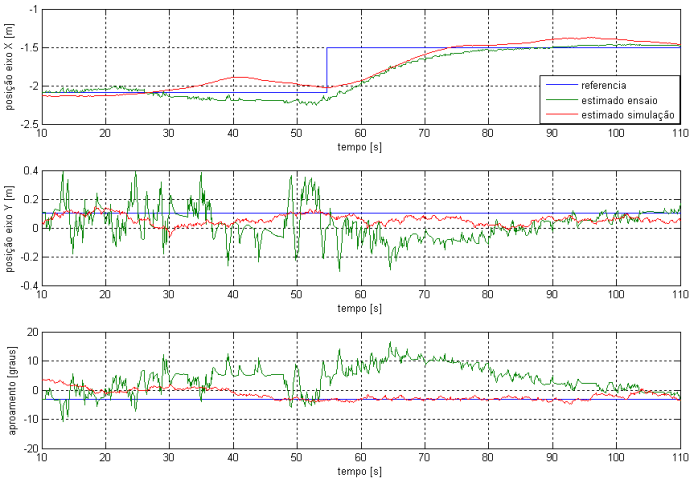


Figura 6 - Gráficos da posição estimada durante o ensaio e simulação

Observa-se através da Figura 6 que o sistema persegue a posição desejada, e o tempo para atingi-la durante o ensaio foi de aproximadamente 30s, um pouco maior que o obtido pela simulação, que foi de 25s. A velocidade média atingida no eixo *X* foi de aproximadamente 0,017m/s durante o deslocamento.

Estes resultados mostram que o sistema de controle respondeu bem às informações obtidas através do sensor, e o erro em regime permanente foi menor que 1% ao final do ensaio.

3.4 Discussão dos resultados dos experimentos

Por meio dos resultados dos experimentos, observa-se que as medições apresentaram uma boa precisão, com desvio padrão máximo de 4 mm e com um erro médio abaixo de 1%. Para medição de ângulos, a precisão foi menor, porém satisfatória, com um erro médio abaixo de 5% e com desvio padrão de 3 graus.

No caso do ambiente subaquático, o índice de turbidez e as condições de iluminação, influenciam de maneira significativa o desempenho do sistema de aquisição de imagens. Porém, quando o seu uso é combinado com os *lasers* como instrumento de medida, o seu desempenho melhora.

Nos experimentos, foram também avaliados *lasers* com diferentes comprimentos de onda. Os resultados apontaram que a faixa do vermelho foi que apresentou melhor eficácia, comparada com a azul e a verde.

A validação do sistema foi realizada, por meio de simulação numérica e averiguação experimental, e os resultados apontam que o método de sensoriamento mostrou-se eficiente, aliado ao uso do Filtro de Kalman, que reduziu os ruídos de medida e estimou a posição e a

velocidade do modelo durante os ensaios. Utilizando os sinais estimados pelo Filtro, o sistema de controle perseguiu a trajetória e manteve o posicionamento do modelo no plano horizontal de maneira satisfatória, apresentando um erro em regime permanente abaixo de 1%.

Comparando-se os resultados dos ensaios, com os resultados da simulação numérica, observa-se que o sinal gerado durante o ensaio, apresentou um nível de ruído maior e também um tempo de resposta mais lento. Porém há de se considerar que durante os ensaios, o sistema está sujeito a variações da iluminação ambiente, perturbações do processo e oscilações do sistema de medida, que não foram inicialmente previstas durante as simulações.

Os ruídos gerados pelo sistema de medição baseado em visão e *lasers* têm suas intensidades variadas de acordo com a distância entre o veículo e o objeto alvo ou parede. Para distâncias maiores, os sinais apresentaram maior oscilação devido às características do sistema de aquisição.

Quanto à medição do ângulo, este sofre uma variação mais significativa para maiores distâncias, contribuindo para as oscilações do sinal.

4 CONCLUSÕES

Neste trabalho foi mostrada experimentalmente a potencialidade do uso de *laser* e visão computacional aplicados a um sistema de posicionamento dinâmico.

O sistema de controle baseado em espaço de estado, estimado pelo Filtro de Kalman Estendido mostrou-se apropriado para este tipo de aplicação.

Pelos resultados conclui-se que o uso dos ponteiros de *lasers* possibilita o aumento do alcance do sistema de visão.

Os resultados também apontam que a aplicação deste sistema de visão em conjunto com os ponteiros de *lasers* é limitada a pequenas distâncias, devido as características do sistema de captação de imagens, diminuindo a precisão ao se aumentar a distância.

O método de sensoriamento baseado em visão com uma câmera e *lasers* é uma solução simples, ativa e independente. Ou seja, não depende de sinais de outros sensores, mostrando-se viável para aplicações em laboratórios de tanques de provas em estudos do SPD para modelos de navios, podendo ser útil também para aplicação no SPD do VSNT–Jaú II bem como em outros veículos aquáticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUSCARIOLLO, P. H.; (2003) **Análise do comportamento de um sistema de visão para o veículo submersível não tripulado – Jaú II**, Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, São Paulo, Orientador Prof. Dr. Hélio Mitio Morishita, 2003.

CACCIA, M.;(2003), **Vision-based linear motion estimation for unmanned underwater vehicles**, Robotics and Automation, 2003. Proceedings. ICRA '03. IEEE International Conference on Volume 1, 14-19 Sept. 2003 Page(s):977 - 982 vol.1

CACCIA, M. (2004), **Vision-based ROV horizontal motion control: experimental results** IFAC Conference on CONTROL APPLICATIONS IN MARINE SYSTEMS, Ancona, Italy - July 7-9, 2004

CHEN, H. (2001), **Identification of influential factors for underwater *laser* imaging**, OCEANS, 2001. MTS/IEEE Conference and Exhibition Volume 4, 5-8 Nov. 2001 Page(s):2549 - 2556 vol.4.

HORGAN J., TOAL D., (2006) **Vision systems in the control of Autonomous Underwater Vehicles**, submitted to the 7th IFAC MCMC, Lisbon, Portugal, September 2006

HSU, L. *et al*.; (2000) **Dynamic positioning of remotely operated underwater vehicles**, Robotics & Automation Magazine, IEEE, Volume 7, Issue 3, Sept. 2000 Page(s):21– 31.

KARRAS, G.C.; PANAGOU, D.J.; KYRIAKOPOULOS, K.J.;,(2006), **Target-referenced Localization of an Underwater Vehicle using a *Laser*-based Vision System**, OCEANS 2006,Sept. 2006.

KONDO, H. e URA, T. (2004), **Navigation of an AUV for investigation of underwater structures**, Control Engineering Practice (12) 1551:1559

MORISHITA, H. M., *et al.* (2008), **Aplicação de *laser* e visão computacional no sistema de posicionamento dinâmico,** 22º Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore, SOBENA, Rio de Janeiro, Brasil, outubro 2008.

REMOTELY OPERATED VEHICLE (2007) COMMITTEE OF THE MARINE TECHNOLOGY SOCIETY, USA, **http://www.rov.org/info.cfm**, acesso em 15/08/2007

SORANI, L. A.; (2003) "**Estudo da Dinâmica e Controle de um Submersível não Tripulada para uso no Ambiente Fluvia**l" Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Usp, São Paulo, Orientador Hélio Mitio Morishita, 2003.

TAKIMOTO, R. Y. (2006), **Computer Vision Techniques applied to the Depth Displacement of an AUV near the Free Surface**, Tese de Doutorado, Department of Systems Design for Ocean-Space Yokohama National University Japan, January 2006.

TANNURI, E. A. e MORISHITA, H. M., (2006), **Experimental and numerical evaluation of a typical dynamic positioning system** Applied Ocean Research, doi:10.1016/j.apor 05.05.2006, Elsevier, 2006.

TRABUCO, J., TAVARES, R., (2000), **Desenvolvimento de um Sistema de Navegação para um Veículo Autônomo Submarino**, Trabalho Final de Curso apresentado ao Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2000.

WALTZ, A. R., (1992), **A Improved Light Source For Underwater Illumination**, Ocean Technology Department, Naval Undersea Center, San Diego, EUA, p. 4-5, 1992

ACOPLAMIENTO NO LINEAL PARA MOVIMIENTOS INESTABLES DE UN BUQUE EN MAR DE FRENTE: ANÁLISIS DE BIFURCACIÓN Y EROSIÓN DE BACIAS DE ATRACCIÓN

Marcelo A. S. Neves
LabOceano, COPPE/UFRJ
Rio de Janeiro, Brasil

Jerver E. Mañuico Vivanco
COPPE/FRJ
Rio de Janeiro, Brasil

Claudio A. Rodríguez
LabOceano, COPPE/UFRJ
Rio de Janeiro, Brasil

RESUMEN

La resonancia paramétrica en mar de frente puede llevar a grandes ángulos de rolido en pocos ciclos, con acoplamientos importantes de este modo con arfada y cabeceo. El presente trabajo investiga a fondo la esencia de las características dinámicas que gobiernan los acoplamientos complejos de los tres modos (arfada, rolido, y cabeceo) en la primera región de inestabilidad de los límites de estabilidad. Son empleados diagramas de bifurcación y mapeo de Poincaré para investigar el aparecimiento de la intermitencia, multiestabilidad, y caos asociados con el incremento de los valores de la amplitud de la ola. También es abordada la erosión de las bacías de atracción del sistema acoplado, para un conjunto de condiciones iniciales.

INTRODUCCIÓN

En estudios previos Neves y Rodríguez (2005, 2006), han introducido un modelo matemático de acoplamientos no lineares entre los modos rolido, arfada y cabeceo, y con términos definidos hasta tercera orden [1, 2]. Usando este modelo, ellos investigaron la ocurrencia de la resonancia paramétrica en mar de frente, para embarcaciones pesqueras de pequeño porte. Ellos mostraron por medio de simulaciones numéricas, la existencia de una fuerte dependencia de la respuesta en rolido en mar de frente, de las condiciones iniciales [4].

Con el fin de investigar los cambios cuantitativos y cualitativos del rolido paramétrico con respecto a la frecuencia de sintonía y de la amplitud de la ola, Neves y Rodríguez (2007a, b) propusieron el cálculo de mapeos analíticos y numéricos, representando los límites de estabilidad del sistema acoplado [3,4]. El mapeo numérico contiene información no solo de los límites del movimiento estable, sino también sobre la amplitud de la respuesta de rolido en la región completa de la amplificación paramétrica.

El presente trabajo investiga a fondo las características dinámicas esenciales que gobiernan los acoplamientos complejos de los tres modos restaurados en algunas regiones del mapeo numérico presentado por Neves y Rodríguez (2007b). Un análisis más detallado puede ser encontrado en [5]. Los diagramas de bifurcación y el mapeo de Poincaré son empleados para investigar el aparecimiento, para el incremento de valores de la amplitud de la ola, fenómenos como intermitencia, multiestabilidad, y como también el caos, [6]. El importante problema de la erosión de las bacías de atracción para un sistema acoplado para algunas condiciones de mar, y para un conjunto de condiciones iniciales también es abordado.

ECUACIONES DE MOVIMIENTO

Empleando las series de expansión de Taylor definidas hasta el tercer orden, Neves y Rodríguez (2005, 2006) expresaron las acciones de restauración en los modos acoplados en arfada, rolido y cabeceo [1, 2]. Acciones de la ola fueron tomadas en consideración no sólo la consideración linear de Froude-Krilov, más la función de las fuerzas de difracción de primera orden, sino también en términos de segunda y tercera orden resultados del cambio volumétrico del casco sumergido debido al movimiento vertical y efectos del paso de la ola.

El modelo corresponde a una extensión, en orden de no-linealidades y en los niveles de acoplamiento, del modelo introducido por Paulling y Rosenberg (1959) y Paulling (1961), [7, 8]. Las ecuaciones no lineales de arfada, rolido y cabeceo son tomadas aquí en la forma explícita descrita en detalle en [1, 2]:

$$\begin{aligned}&(m+Z_{\ddot{z}})\ddot{z}+Z_{\dot{z}}\dot{z}+Z_{\ddot{\theta}}\ddot{\theta}+Z_{\dot{\theta}}\dot{\theta}+Z_z z+Z_\theta\theta+\frac{1}{2}Z_{zz}z^2+\frac{1}{2}Z_{\phi\phi}\phi^2+\frac{1}{2}Z_{\theta\theta}\theta^2+Z_{z\theta}z\theta+\frac{1}{6}Z_{zzz}z^3\\&+\frac{1}{2}Z_{zz\theta}z^2\theta+\frac{1}{2}Z_{\phi\phi z}\phi^2 z+\frac{1}{2}Z_{\phi\phi\theta}\phi^2\theta+\frac{1}{2}Z_{\theta\theta z}\theta^2 z+\frac{1}{6}Z_{\theta\theta\theta}\theta^3+Z_{\varsigma}(t)+Z_{\varsigma\theta}(t)\theta+Z_{\varsigma z}(t)z+\\&Z_{\varsigma zz}(t)z^2+Z_{\varsigma z\theta}(t)\theta+Z_{\varsigma\theta}(t)z\theta+Z_{\phi\phi\varsigma}(t)\phi^2+Z_{\theta\theta\varsigma}(t)\theta^2=Z_w(t)\end{aligned}\qquad(1)$$

$$\left(J_{xx}+K_{\ddot{\phi}}\right)\ddot{\phi}+K_{\dot{\phi}}\dot{\phi}+K_{\dot{\phi}|\dot{\phi}|}\dot{\phi}\left|\dot{\phi}\right|+K_{\phi}\phi+K_{z\phi}z\phi+K_{\phi\theta}\phi\theta+\frac{1}{2}K_{zz\phi}z^2\phi+\frac{1}{6}K_{\phi\phi\phi}\phi^3+$$
$$\frac{1}{2}K_{\theta\theta\phi}\theta^2\phi+K_{z\phi\theta}z\phi\theta+K_{\varsigma\phi}(t)\phi+K_{\varsigma\phi}(t)\phi+K_{\varsigma\varsigma\phi}(t)\phi+K_{\varsigma z\phi}(t)z\phi+K_{\varsigma\phi\theta}(t)\phi\theta=0 \quad (2)$$

$$\left(J_{yy}+M_{\ddot{\theta}}\right)\ddot{\theta}+M_{\dot{\theta}}\dot{\theta}+M_{\ddot{z}}\ddot{z}+M_{\dot{z}}\dot{z}+M_{Z}z+M_{\theta}\theta+\frac{1}{2}M_{zz}z^2+\frac{1}{2}M_{\phi\phi}\phi^2+\frac{1}{2}M_{\theta\theta}\theta^2+$$
$$M_{z\theta}z\theta+\frac{1}{6}M_{zzz}z^3+\frac{1}{2}M_{zz\theta}z^2\theta+\frac{1}{2}M_{\phi\phi z}\phi^2z+\frac{1}{2}M_{\phi\phi\theta}\phi^2\theta+\frac{1}{2}M_{\theta\theta z}\theta^2z+\frac{1}{6}M_{\theta\theta\theta}\theta^3+ \quad (3)$$
$$M_{\varsigma}(t)z+M_{\varsigma\theta}(t)\theta+M_{\varsigma\varsigma z}(t)z+M_{\varsigma zz}(t)z^2+M_{\varsigma zz}(t)z^2+M_{\varsigma\varsigma\theta}(t)\theta+M_{\varsigma z\theta}(t)z\theta+$$
$$M_{\phi\phi\varsigma}(t)\phi^2+M_{\theta\theta\varsigma}\theta^2=M_{w}(t)$$

En el lado izquierdo de las ecuaciones (1-3), los términos de masa adicional y el amortiguamiento de la ola son asumidos como lineales. Y es considerado cuadrático el amortiguamiento en rolido en la ecuación (2). La fuerza y momento son asociados con las variables z,ϕ,θ y la elevación de la ola $\zeta(t)$ corresponde a los términos lineales no-cero y no lineales (hasta tercera orden), términos debido a los efectos hidrostáticos y la presión de la ola, efectos analíticamente derivados por Neves y Rodríguez (2005, 2006) [1, 2], dependientes de las características del casco y la amplitud de la ola, frecuencia y el tiempo. En el lado derecho de las ecuaciones (1-3), $[Z_W(t) \quad K_W(t) \quad M_W(t)]^T$ representa la excitación lineal de la ola, debido a la incidencia de la ola, considerando en particular en este trabajo $K_W=0$ asumido en la ecuación (2). Donde todos los coeficientes en las ecuaciones (1-3) son conocidos, este conjunto de 3 ecuaciones son integrados numéricamente de manera directa.

SIMULACIÓN NUMÉRICA

Las simulaciones numéricas son realizadas para el caso de un barco pesquero denominado TS, Ver Fig. 1 y tabla 1. La resonancia paramétrica para este barco pesquero fue examinada experimental y numéricamente en detalle en las referencias [1, 2, 9]. Figuras 2 y 3 muestran la comparación de la simulación numérica obtenidos utilizando las ecuaciones (1-3), con resultados experimentales para dos condiciones de frecuencia y velocidades de avance del barco, en ambos casos la frecuencia de encuentro es igual a dos veces la frecuencia natural en rolido, como corresponde exactamente a la sintonía de Mathieu en la primera región de inestabilidad, $w_e/w_{n4}=2.0$. Las comparaciones permiten concluir que el

modelo matemático tiene una buena correspondencia para modelar el rolido paramétrico intenso.

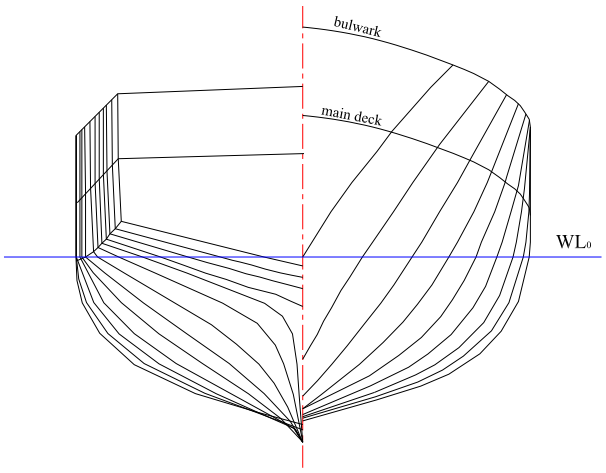


Fig.1 Forma del casco transom stern (TS), barco pesquero.

Tabla 1- Principales características del barco

Denominación		**barco TS**
Eslora total	[m]	25.91
Eslora entre perpendiculares	[m]	22.09
Manga	[m]	6.86
Puntal	[m]	3.35
Calado	[m]	2.48
Desplazamiento	[ton]	170.3
Radio longitudinal de giro	[m]	5.52
Altura metacéntrica	[m]	0.37

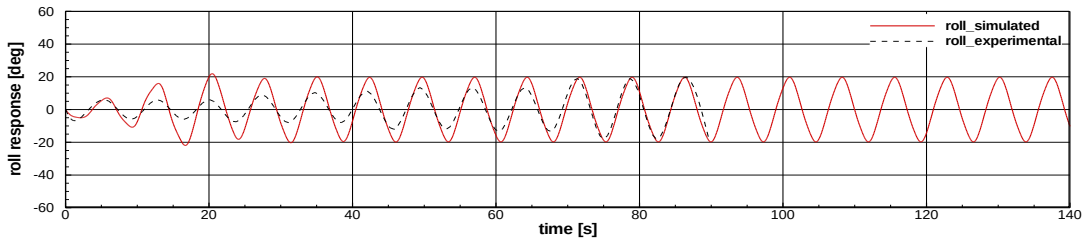


Fig. 2 Movimiento de rolido, Fn= 0.20, Aw = 0.60 m, $w_e / w_{n4} = 2.0$.

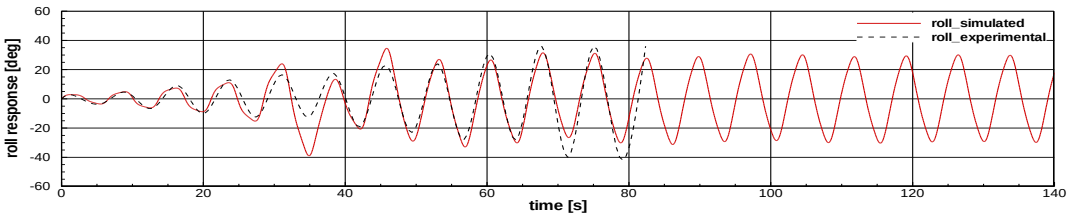


Fig. 3 Movimiento de rolido, Fn =0.30, Aw = 0.78 m, $w_e / w_{n4} = 2.0$.

LÍMITES DE ESTABILIDAD NUMÉRICO

Es necesario la investigación del rolido paramétrico no solo en la sintonía exacta de $w_e / w_{n4} = 2.0$, de hecho, para amplitudes largas deberían ser tomados en un espectro amplio de frecuencias de excitación. En orden a la comprensibilidad investigada en regiones de inestabilidad, Neves y Rodríguez (2007b) [3], propusieron mapas de fronteras de estabilidad computacionalmente calculados, el cual tiene la capacidad de indicar no solo la frontera de estabilidad, también contiene información de la amplitud de la respuesta de rolido en toda la región de la amplificación paramétrica. La figura 4 muestra los limites de estabilidad correspondiente a la primera región de inestabilidad. El mapeo es construido por medio del cálculo de las amplitudes de rolido para diferentes frecuencias de encuentro y amplitudes de ola. Todos los puntos del mapa son calculados para Fn=0.30 y para el mismo conjunto de condiciones iniciales: $z_0 = 0.0\,\text{m}$, $\dot{z}_0 = 0.01\,\text{m/s}$, $\phi_0 = 2\,\text{deg}$, $\dot{\phi}_0 = -0.5\,\text{deg/s}^2$, $\theta_0 = 0.0\,\text{deg}$, $\dot{\theta}_0 = 0.01\,\text{deg/s}$. La intensidad final de la amplitud de rolido es indicado por una escala de colores colocada en el lado derecho de la figura.

Cuatro características importantes de los límites de estabilidad son:

- El aparecimiento de fronteras superiores, indicando que para el incremento de la amplitud de la ola, la respuesta del rolido paramétrico no necesariamente aumenta, de hecho, la tendencia es la de desaparecer.
- Una general tendencia del área de inestabilidad es inclinarse a la derecho, indicando que para la exacta sintonía $w_e / w_{n4} = 2.0$, no es necesariamente la sintonía con fuertes amplitudes.
- Ligero aumento de la amplitud de rolido bajo este nivel de frontera, abismalmente decrece encima de la frontera.

- La frontera superior con geometría fractal.

Los dos últimos puntos característicos, fuera de las complejidades y complicaciones demandan más investigación. Un mayor discusión detallado de futuros trabajos pueden ser encontrados en [4]. En la próxima sección, algunas herramientas numéricas de la dinámica no lineal serán empleados intentandose dar claridad a estos tópicos.

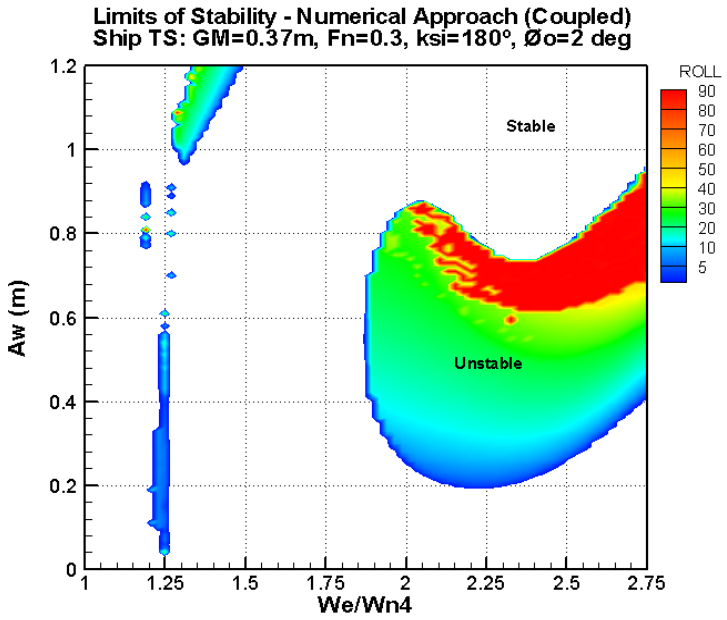


Fig. 4 Limites de estabilidad, Barco TS, Fn=0.30.

BIFURCACIONES

En la figura 4, todos los espectros de las frecuencias fueron explorados para Fn=0.30. Es notado que diferentes características son percibidas. Ahora es conveniente a tener un alto conocimiento de las características dinámicas cuando el parámetro de la amplitud de la ola A_W es incrementado. Si anteriormente nosotros estuvimos más interesados en los límites de estabilidad, ahora nosotros queremos saber lo que pasa dentro del dominio de la región de inestabilidad. Para ese estudio, nosotros podemos seguir una línea vertical en la sintonía de $w_e / w_{n4} = 2.0$, indicado en la figura 4. Justamente, usando el parámetro A_W, obtenemos el diagrama de bifurcación [10] para el movimiento de rolido, es desarrollado para el mismo conjunto de condiciones iníciales usados en la mapa de los límites de estabilidad. Esto es mostrado en la Figura 5. Los puntos del diagrama de bifurcación en la cual se

distinguen rangos para la amplitud de la ola, cualitativa y cuantitativa tipos de respuesta son notados. Estos distintos resultados pueden ser resumidos como se muestra en la tabla 2.

Dos características no observados en los límites de estabilidad numérico, son revelados en el análisis de bifurcación. La primera es la intermitencia. Y un segundo pequeño rango de A_W aparece la solución con 3 periodos que en el fin de este rango se nota el aparecimiento de la interrupción de soluciones no periódicas, esto es ilustrado en la figura 6, como muestra la serie temporal de rolido, el correspondiente diagrama de fase (espacio de fase) y el mapa de Poincaré para *Aw=0.6129 m*.

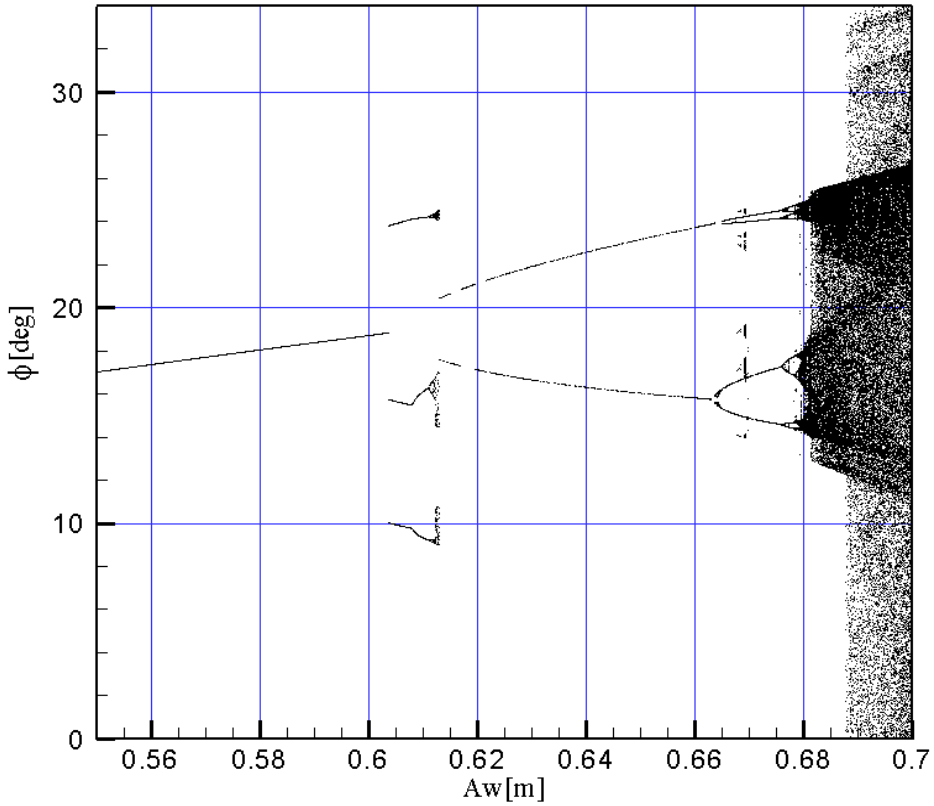


Fig. 5 Bifurcación rolido, Fn=0.30.

Tabla 2. Bifurcaciones para Fn=0.30, w_e/w_{n4}=2.0

Rango de Aw (m)	**Tipo de respuesta de rolido**
0.0000 - 0.6036	Típicamente lineal
0.6037 - 0.6129	Coexistencia de atractores, periodo-3, intermitencia
0.6130 - 0.6626	Multiestabilidad, periodo-1
0.6627 - 0.6758	Multiestabilidad, periodo-2

0.6759 - 0.6782	Multiestabilidad, periodo-4
0.6783 - 0.67881	Multiestabilidad, periodo-8
0.67882 - 0.7000	Caos

La segunda característica interesante es la multiestabilidad. Esta característica dinámica aparece inmediatamente después de ocurrida la intermitencia. El diagrama de bifurcación da la impresión de que el movimiento ha migrado a una solución de periodo-2, pero este no es el caso. De hecho, las soluciones en el tercer rango de Aw son de periodo-1, pero las soluciones alternan de un **atractor** a otro que este situado cerca para cada nuevo valor del parámetro Aw. Esto es ilustrado en las Figuras 7 y 8. Subsecuentemente, la bifurcación tipo **flip** tomara lugar en paralelo con la multiestabilidad. Las soluciones de Periodos-2, 4 y 8 aparecerán en secuencia, terminando en el caos. Esto se muestra en las Figuras 9-11.

BACIAS DE ATRACCIÓN

Dada la complejidad observada previamente en el análisis de la bifurcación, que fue realizada para ciertas condiciones iniciales, será apropiado investigar la evolución de las bacías de atracción para el mismo parámetro, la amplitud de onda.

Las bacías de atracción se definen para un conjunto de condiciones iniciales, [11]. En el presente cálculo, se consideró condiciones iniciales espaciadas regularmente 120x80 ($\Delta\phi = 1\text{deg}; \Delta\dot{\phi} = 1\text{deg}/seg$). La Figura 12(a) muestra la bacía de atracción correspondiente a las simulaciones de rolído decrecen en mares tranquilos. (Aw=0.0 m).

Cuando el mar de frente excita al navío, se da un marcado crecimiento en la bacía de atracción, como se muestra en las figures 12(b), 12(c) y 12(d). Se cree que esto es debido a que la amplitud de ola dependiente, incrementa la rigidez introducida por el acoplamiento no-lineal, como lo muestran Neves y Rodríguez (2007b) en [4]. Pero, como se muestra en la Figura 12(d) para Aw=0.5m, las áreas locales con geometría fractal empiezan a erosionar la bacía de atracción. En la Figura 12(d) (Aw=0.5 m) se aprecia que la bacía de atracción, en su totalidad, es aun mas grande que en los casos anteriores. Este doble fenómeno de incremento de erosión fractal con un crecimiento en otras áreas de la misma bacía persiste, como se ve en la figura 12(e), hasta amplitudes cercanas a Aw=0.7 m, tal como se muestra en la Figura 12(f). Las amplitudes de rolido son progresivamente mayores. Pero ahora la

erosión fractal es dominante, como en la Figura 12(g) y la destrucción de la bacía de atracción se observa para Aw=0.8 m, Figura 12(g).

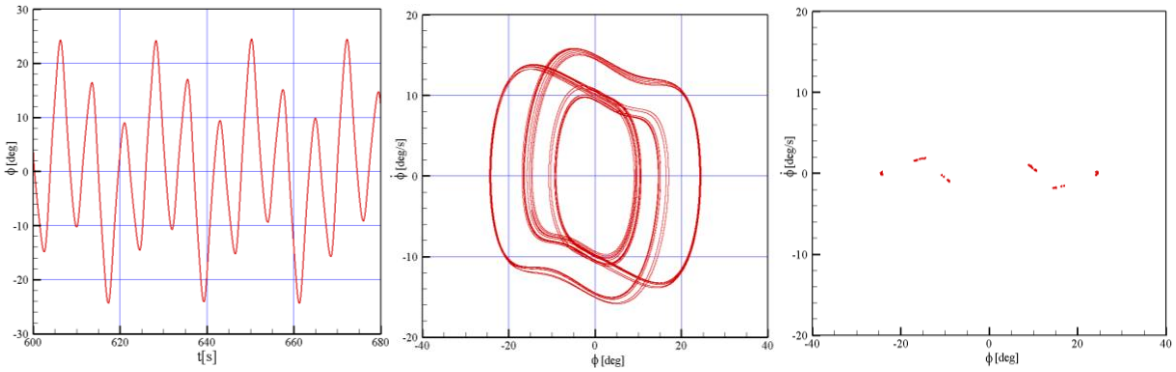


Fig. 6 Serie temporal rolido, espacio de fase y mapa de Poincaré, Aw=0.6129 m. Intermitencia.

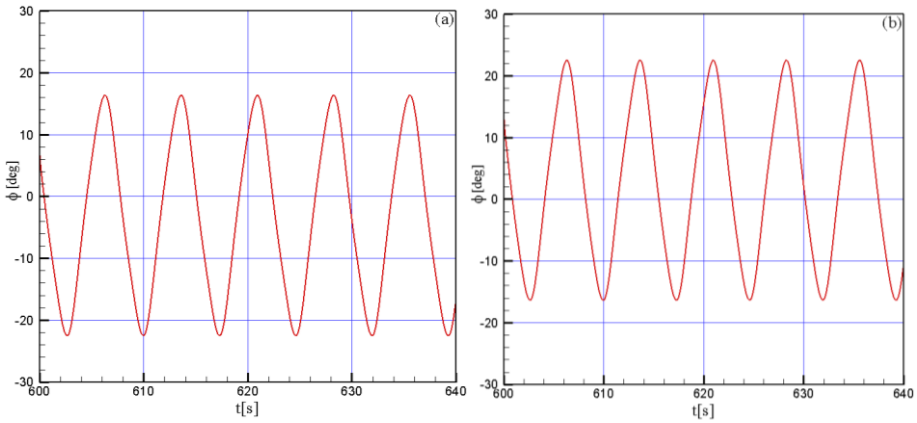


Fig. 7 Serie temporal rolido: (a) Aw=0.639 m, (b) Aw=0.6391 m. Multiestabilidad para dos puntos próximos.

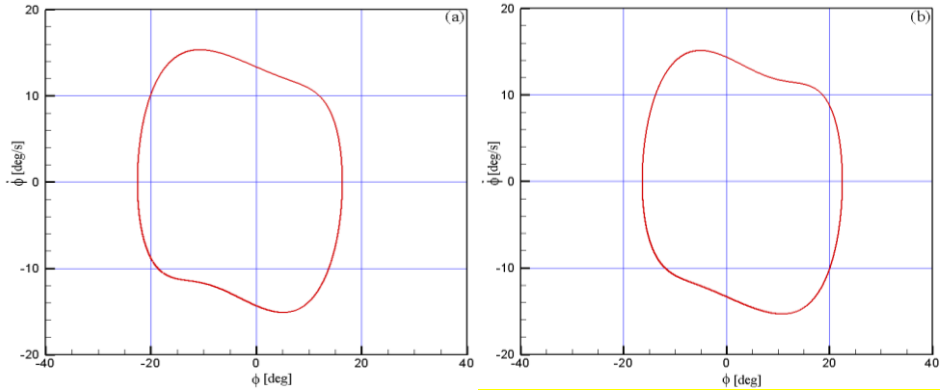


Fig. 8 Espacio de fase: (a) Aw=0.639 m, (b) Aw=0.6391 m. Multiestabilidad para dos puntos próximos.

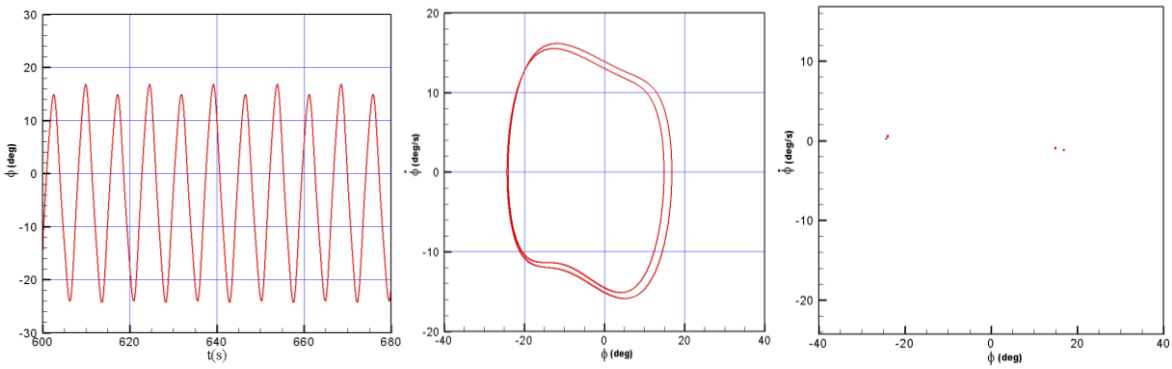
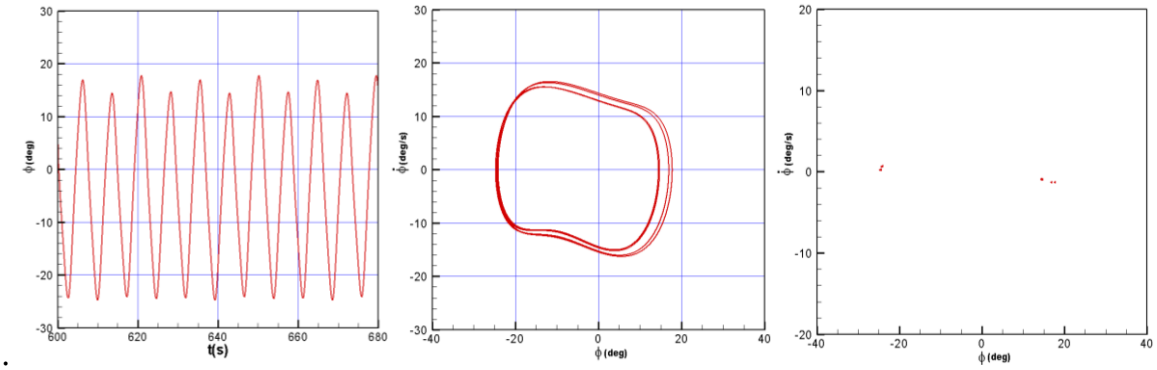


Fig. 9 Movimiento rolido (ϕ_{max}=24.27°), espacio de fase y mapa de Poincaré, periodo-2 solución para Aw=0.67 m.

La figura 13 muestra la curva de integridad (área de la bacía de atracción normalizada con respecto al área de la bacía de atracción asociado con la simulación decreciente de rolido en mar en calma) para valores de aumento del parámetro Aw, amplitud de la ola. Esto se puede ver que aproximadamente hasta Aw=0.68 m, el área de la bacía de atracción, tiende a crecer acentuadamente, después de aquella amplitud, empieza el proceso de deterioración de la bacía de atracción.



.

Fig. 10 Movimiento rolido (ϕ_{max}=24.73°), espacio de fase y mapa de Poincaré, periodo-4 solución para Aw=0.678 m.

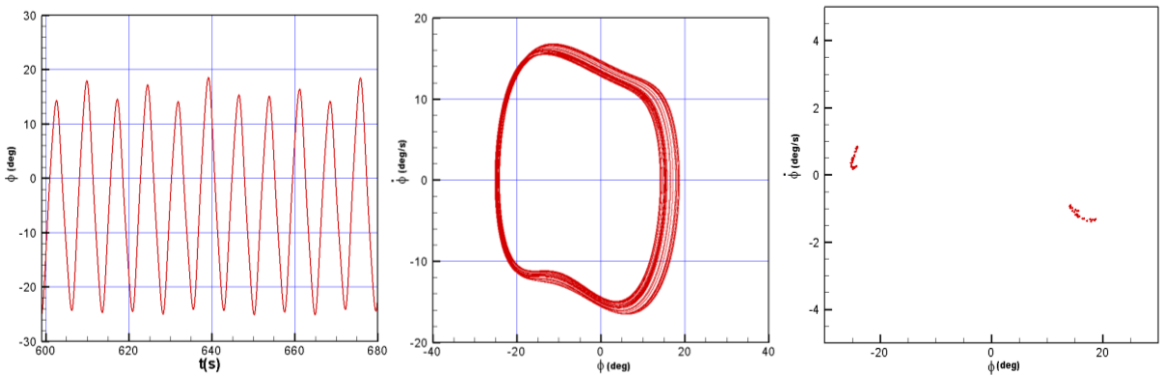


Fig. 11 Movimiento rolido (ϕ_{max}=25°), espacio de fase y mapa de Poincaré, comportamiento caótico para Aw=0.683 m.

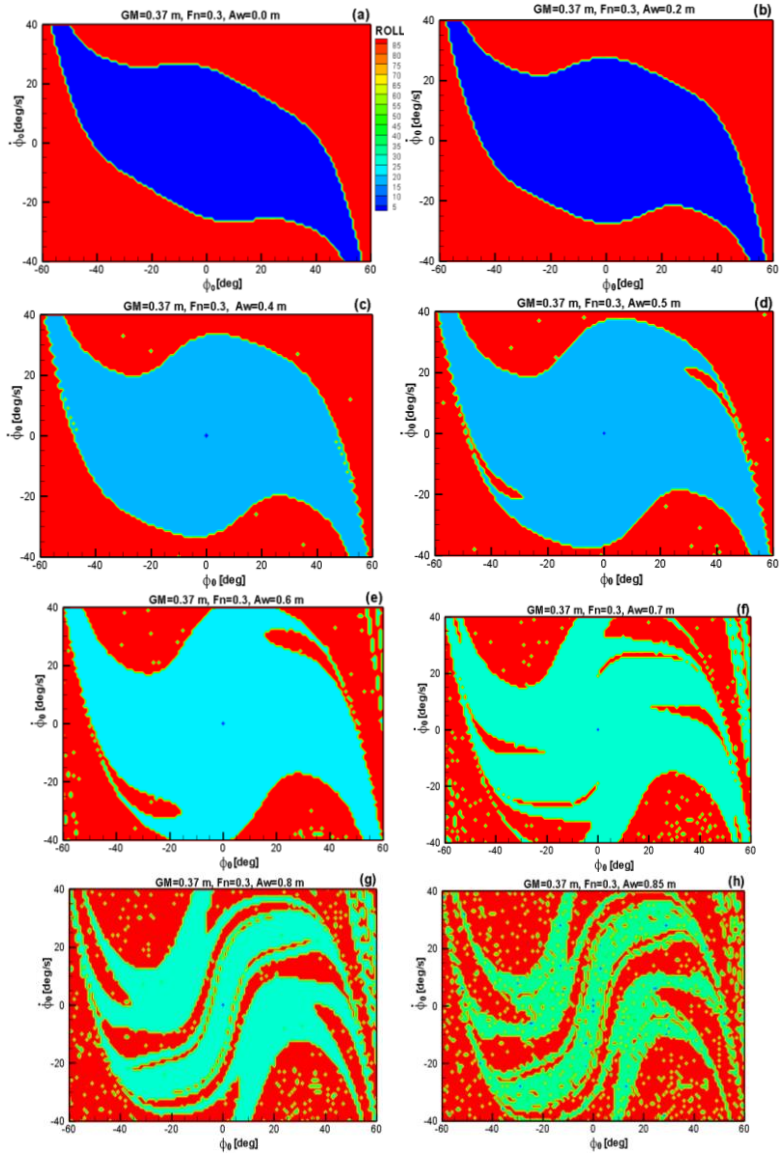


Fig. 12 Bacías de atracción, (a) Aw=0.0 m; (b) Aw=0.2 m; (c) Aw=0.4 m; (d) Aw=0.5 m; (e) Aw=0.6 m; (f) Aw=0.7 m; (g) Aw=0.8 m; (h) Aw=0.85 m.

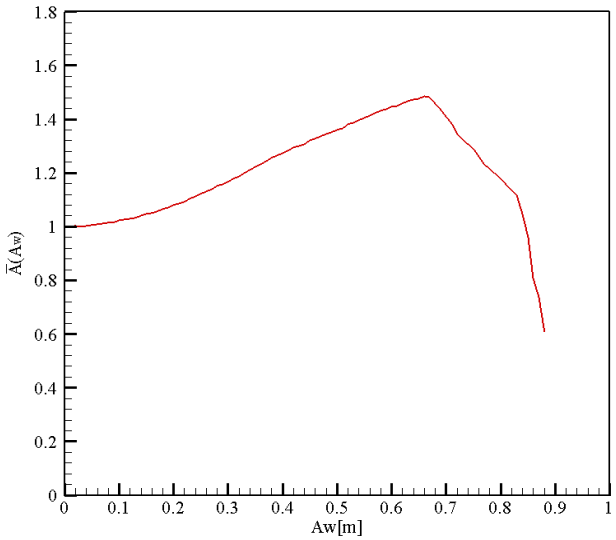


Figura 13 Curva de integridad

CONCLUSIONES

El rolido paramétrico en mares de frente para navíos pesqueros **transom stern** fue investigado basándose en un modelo matemático para los movimientos de arfada, rolido, y cabeceo, las cuales están no linealmente acopladas hasta el tercer orden.

Se mostró que las simulaciones numéricas concuerdan con las series temporal experimental. Por medio de variaciones sistemáticas de la frecuencia de encuentro y de la amplitud de la ola, se obtuvo un diagrama que muestra los límites numéricos de estabilidad. Este tipo de diagrama tiene claras ventajas en comparación con el mapa de tipo Ince-Strutt dado a que el Nuevo diagrama muestra información no solo de los límites de estabilidad, sino que adicionalmente brinda las amplitudes de rolido en el dominio dentro de los límites. Se obtiene así una buena imagen, en la que se incluye la aparición de límites superiores, una tendencia general del sistema de volverse severo debido al acoplamiento, una reducción vertiginosa (súbita) en los límites superiores y limites superiores con geometría fractal.

El diagrama de bifurcación para las soluciones del movimiento de rolido en la sintonía de la frecuencia Mathieu ha sido obtenido tomando la amplitud de ola como parámetro. Algunos rangos de amplitud de ola correspondientes a distintos tipos de

respuestas han sido identificados. En particular, se observaron interesantes características dinámicas, como la coexistencia de atractores, intermitencia, multiestabilidad en un escenario de duplicidad de periodo y movimientos caóticos finales. Diagramas de fase y mapas de Poincaré, han proveído para contribuir con un mejor entendimiento de las distintas conductas observadas en el diagrama de bifurcación.

Se realizo un análisis de bacías de atracción, teniendo otra vez como parámetro de control a la amplitud de ola. Para amplitudes relativamente pequeñas, el aparecimiento de límites fractales se contrabalancea con un incremento en otras áreas de la bacía de atracción, lo que resulta en un incremento neto del área segura. Sin embargo, para olas más grandes, la erosión de la bacía de atracción, sin embargo, para olas grandes, la erosión de las bacías de atracción vienen ser muy rápido. Finalmente, la curva de integridad para el barco en la sintonía exacta de $w_e / w_{n4} = 2.0$ fue obtenido, y es notado que el máximo valor de la curva de integridad es definido para la amplitud de la ola, la cual corresponde aproximadamente el punto de bifurcación, Figura 5, el cual inicia el movimiento caótico.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo es respaldado por CNPq con el proyecto STAB (Nonlinear Stability of Ships). Los autores también agradecen el soporte financiero de CAPES, FAPERJ, Y LabOceano. El agradecimiento al profesor Marcelo A. Savi por muchas de las discusiones fructificas y a Eder J. Avila por su valiosa colaboración.

REFERENCIAS

[1] Neves, M.A.S., Rodríguez, C., 2005. A nonlinear mathematical model of higher order for strong parametric resonance of the roll motion of ships in waves. Marine Systems & Ocean Technology – Journal of SOBENA, Vol. 1 No. 2, pp. 69-81.

[2] Neves, M.A.S., Rodríguez, C., 2006. Unstable ship motions resulting from strong nonlinear coupling. Ocean Engineering, vol. 33, pp. 99-108.

[3] Neves, M.A.S., Rodríguez, C., 2007a. An investigation on roll parametric resonance in regular waves. International Shipbuilding Progress, Vol 54, pp. 207-225.

[4] Neves, M.A.S. and Rodríguez, C., 2007b. Influence of nonlinearities on the limits of stability of ships rolling in head seas. Ocean Engineering. v.34, p.1618 – 1630.

[5] Vivanco, J.E.M., 2009. Parametric rolling of a fishing vessel - nonlinear dynamics. M.Sc. Dissertation, COPPE/UFRJ, Jan.

[6] Guckenheimer, J., and Holmes, P., 1983, Nonlinear oscillations, dynamical systems, and bifurcations of vector fields", Applied Mathematical Sciences, vol. 42, Springer-Verlag.

[7] Paulling, J.R., Rosenberg, R.M, 1959. On unstable ship motions resulting from nonlinear coupling. Journal of Ship Research 3 (1), 36-46.

[8] Paulling, (1961). The transverse stability of a ship in a longitudinal seaway. Journal of Ship Research, vol. 4, no. 4 (Mar.), pp. 37-49.

[9] Neves, M.A.S., Pérez, N.A., Lorca, O., 2002. Experimental analysis on parametric resonance for two fishing vessels in head seas. 6th International Ship Stability Workshop, Webb Institute, New York, USA.

[10] Seydel R., 1988. From equilibrium to chaos: practical bifurcation and stability analysis, Elsevier Science Publishing Co., Inc., NY.

[11] Belenky, V.L, Sevastianov, N.B., 2007. Stability and safety of ships, risk of capsizing, 2nd ed., SNAME

DIRETRIZES PARA PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL DO TRANSPORTE HIDROVIÁRIO NO BRASIL

Walter Aloisio Santana

Prof. Doutor pelo Departamento de Logística e Transporte da Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo (FATEC) – Campus de Carapicuíba (wballoo@usp.br ou wballoo@hotmail.com)

Toshi-ichi Tachibana

Prof. Doutor pelo Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica – USP (tatibana@usp.br)

RESUMO

O objetivo principal deste trabalho é propor diretrizes pró-ativas para o planejamento e gestão ambiental das hidrovias brasileiras, no que tange o transporte comercial de cargas. O trabalho foi dividido em elementos, fases, etapas e níveis hierárquicos de gerenciamento para um sistema hidroviário. Os elementos analisados foram vias, veículos, terminais, cargas e controles. O projeto hidroviário foi dividido em etapas de planejamento, implantação, operação, manutenção e desativação/descarte. A partir destes elementos foram identificados ações, atividades, aspectos ambientais, impactos ambientais associados a estes, e foram propostas medidas mitigadoras para minimizar tais impactos ambientais. O trabalho, ainda, teve outras divisões, bem como aquela que o divide em fases de Planejamento e de Gestão Ambiental. E com relação à hierarquia de gerenciamento, o trabalho foi dividido em estratégico, tático e operacional. Na fase específica de gestão ambiental são propostas duas alternativas de implantação de Sistema de Gestão Ambiental, uma que propõe a aplicação de planos e programas ambientais para assuntos e quesitos ambientais de maior relevância, sem se preocupar em certificações ambientais, e outra, que é a aplicação da Norma ISO 14001 para os sistemas hidroviários. Com isso, como contribuição, este trabalho preocupou-se em propor planos, programas e diretrizes para o planejamento e gestão ambiental de elementos que compõem a infra-estrutura do transporte hidroviário interior no Brasil.

ABSTRACT

The main objective of this work is to propose proactive directives for the environmental planning and management of Brazilian inland waterways, as for as the commercial transport of cargo is concerned. The work was divided into elements, phases, stages and hierarchical levels of management for a waterway system. The elements analyzed were rivers, vehicles, terminals, cargoes and control. The waterway project was divided into planning stages, implementation, operation, maintenance and deactivation/discard. From these elements, we identified actions, activities, environmental aspects and environmental impacts associated to them, proposing mitigating measures to minimize such environmental impacts. The work also had other divisions, such as the one that divides it into the Environmental Planning and Environmental Management phases. In relation to management hierarchy, the work was divided into strategic, tactic and operational. In the specific environmental management phase, we propose two alternatives for the Environmental Management System implementation, one suggesting the application of environmental plans and programs for environmental issues and queries of greater relevance, without concerns about environmental certifications, and another one, which is the application of the ISO 14001 Standard on waterway systems. Therefore, as a contribution, this work is concerned with proposing plans, programs and directives for the environmental planning and management of elements which constitute the facilities of the inland waterway transport in Brazil.

1. INTRODUÇÃO

Com base em Santana (2008) e das referências advindas daquela tese de doutorado, é sabido que o transporte hidroviário interior no mundo tem destaque e papel fundamental no desenvolvimento

de países por apresentar uma série de vantagens econômicas, sociais e ambientais, mas, que no Brasil, apesar das dimensões continentais e da rica hidrografia, isso não acontece e nem é aproveitado como se poderia. Foram e são muitos os entraves que impediram e ainda impedem o desenvolvimento do transporte hidroviário brasileiro. Porém, há muitas premissas que incentivam a inserção deste modal de transporte no sistema logístico nacional e até internacional.

Ao ser comparado com as demais modalidades de transportes, principalmente com as modalidades terrestres, os transportes aquaviários podem ser considerados como aqueles que, talvez, causem menos impactos sociais e ambientais.

Além das vantagens ambientais, podem-se denotar ainda, algumas premissas de ordem econômica que servem para justificar a necessidade de complementação da infra-estrutura hidroviária brasileira:

- Alto potencial de produção agrícola;
- A utilização como meio de transporte aos recentes programas energéticos alternativos – etanol e biodiesel;
- Cenário futuro altamente favorável no mercado mundial se comparado com os outros países emergentes como China e Índia.

Porém há entraves ao desenvolvimento do transporte hidroviário brasileiro. Filippo (1999) apontou diversas condicionantes que colaboraram e ainda colaboram para que o transporte hidroviário no Brasil fique em segundo plano. Estes são de ordens histórica, política, econômica, geográfica, física e gerencial.

Pode-se acrescentar também, que a legislação ambiental brasileira está cada vez mais rigorosa, principalmente no que se refere ao licenciamento ambiental de atividades ou de obras utilizadoras, modificadoras ou potencialmente poluidoras do meio ambiente. E com o transporte hidroviário interior não é diferente por ser um modal que interage diretamente num meio altamente de risco e de conflitos pelos seus usos múltiplos - a água.

Hoje para qualquer modal de transporte, projetos de implantação, ampliação e integração de transporte, exige-se o estudo do meio ambiente, abordando os aspectos ambientais, os possíveis

impactos ambientais, medidas mitigadoras e ações que podem ser preventivas, manutentivas e corretivas.

Segundo Souza (2000), a gestão ambiental pressupõe uma ação planejadora que trata de um conjunto de métodos destinados a captar e sistematizar informações e que tem como objetivo racionalizar processos decisórios indutores de modificações na dinâmica de funcionamento de sistemas ambientais. Ao pensar em transportes hidroviários, pode-se dizer que um plano de Gestão Ambiental define o processo gerencial a ser adotado para a boa execução de um conjunto de ações destinadas, basicamente, a evitar ou a mitigar os impactos provocados por obras de implantação e conservação das hidrovias, incluindo a própria operação hidroviária, buscando soluções para os processos de degradação ambiental que possam ser deflagrados. O planejamento insere-se, pois, no SGA - Sistema de Gestão Ambiental, uma vez que estrutura e dá suporte as diretrizes a serem seguidas pelos planos de ação e pela própria gestão ambiental.

Na realidade, funções aqui delegadas aos Órgãos Públicos ficam, em algumas vezes, como funções denunciativas às ONG´s ambientalistas - organizações não governamentais – que passam a "policiar" e a denunciar possíveis não conformidades ambientais ao Ministério Público e às autoridades.

O Brasil é rico em hidrografia e grande parte desse potencial cerca de 40.000 km de extensão de rios é hidroviável, ou seja, possui a possibilidade de se transformar em hidrovias comerciais para transportar cargas e passageiros. As principais hidrovias segundo o Ministério dos Transportes são a do Madeira, do São Francisco, do Tocantins-Araguaia, Tietê-Paraná, Paraná-Paraguai. Mas existem outras hidrovias que estão em regiões onde o rio é, praticamente, a única opção de transporte tais como as dos rios Amazonas, Solimões, Teles Pires-Tapajós, Guamá-Capim. Há também outras hidrovias locais tais como do Sul e do Nordeste.

Uma hidrovia (um sistema de transporte, no qual interagem elementos logísticos, econômicos e ambientais) desperta, naturalmente, conflitos de interesses no que tange, principalmente, ao uso e ocupação do solo e o uso múltiplo das águas. Tais conflitos envolvem interesses locais, regionais e até estratégicos, em níveis nacionais e até internacionais.

O Planejamento e Gestão Ambiental das hidrovias brasileiras não existem de maneira global. Tiveram autores que abordaram especificamente um ou mais elementos que compõem um sistema hidroviário. Outros abordaram fases específicas do planejamento hidroviário. Também tiveram aqueles que discorreram sobre fases específicas de planejamento ou gestão ambiental aplicados a algum elemento específico ou na interação deste com o meio ambiente.

O problema a ser resolvido encaixa-se nessa lacuna, onde a incumbência deste trabalho, por mais ambicioso que seja, é integrar todas as etapas do planejamento de um sistema de transporte hidroviário (composto por vias, veículos, terminais, controles e cargas) com todas as etapas de Planejamento e Gestão Ambiental contemplando os papéis dos atores nos níveis hierárquicos de administração de sistemas (estratégico, tático e operacional), apoiado nos arcabouços jurídico, técnico e ambiental dos órgãos intervenientes para o sistema hidroviário interior.

2. TRANSPORTE HIDROVIÁRIO E A LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

O relacionamento do transporte hidroviário interior, das hidrovias e dos portos com a Legislação Brasileira é realizado por meio de normas, decretos, portarias, resoluções e leis da esfera federal dos órgãos intervenientes, em termos de responsabilidades técnicas, fiscalização, infra-estrutura, segurança no trabalho, saúde, uso e ocupação do solo, uso múltiplo das águas, meio ambiente, etc. Há, entre os atos legais relativos à navegação interior, a Constituição Federal, todo arcabouço jurídico dos órgãos intervenientes, acordos e convenções internacionais.

Em esfera federal pode-se destacar os seguintes órgãos intervenientes ao transporte hidroviário interior: Ministério dos Transportes (Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) em função da legislação sobre Operador de Transporte Multimodal, Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes (DNIT) e Administrações Hidroviárias (AH´s)); Ministério do Meio Ambiente (Agência Nacional das Águas (ANA), Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais e Renováveis (IBAMA)); Ministério da Defesa (Marinha do Brasil); Ministério das Relações Exteriores; Ministério da Integração; Ministério da Saúde (ANVISA); Ministério do Trabalho e Emprego; Ministério da Cultura (IPHAN - Instituto do

Patrimônio Histórico e Artístico Nacional); Ministério Público Federal; Fundação Nacional do Índio (FUNAI).

3. PROPOSTA DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL PARA O TRANSPORTE HIDROVIÁRIO BRASILEIRO

Camargo Júnior (2000) salientou a falta de metodologias, paradigmas, diretrizes e ações estratégicas de planejamento ambiental de uma hidrovia interior para o Brasil. Naquela época e, também, um pouco antes, as principais hidrovias brasileiras estavam no programa "Brasil em Ação" do Governo Federal, mas na prática, o País estava (e ainda está) sem definições ou planos de ações para tentar implementar e operacionalizar as hidrovias brasileiras. Logo, não há (ou há poucas) estratégias de planejamento ambiental.

Como se sabe, os projetos hidroviários foram decorrentes de outros projetos regionais, em especial da área de geração de energia hidroelétrica e suas contingências com relação ao uso múltiplo das águas (principalmente nas regiões Sudeste e Centro-oeste).

Os projetos de Desenvolvimento Regional buscam a compatibilização do uso e ocupação do solo com o potencial de crescimento sócio-econômico ao longo de sistemas hidroviários.

Todas as tentativas de criação de modelos de planejamentos ambientais hidroviários esbarram nas exigências dos processos burocráticos de licenciamento ambiental, o que estimula o desinteresse e a prática somente de medidas "reativas" no caso de acidentes tecnológicos com grandes impactos ambientais. É proposta aqui criar mecanismos e subsídios para que se tenha conscientização da importância que é, a criação de uma sistematização de conceitos, idéias, medidas de ação para uma proposta de Planejamento e Gestão Ambiental para as hidrovias brasileiras com abordagem "pró-ativa", ou seja, é a política do não esperar acontecer para depois remediar e sim dar uma estrutura previamente planejada em relação aos aspectos ambientais, aos impactos ambientais e as medidas mitigadoras.

A Tabela 1 mostra como o trabalho foi proposto e desenvolvido.

Tabela 1 – Proposta Sintética para o desenvolvimento da tese

Nível de Administração Hidroviária	**Fase do Projeto Hidroviário**	**Planejamento/ Gestão Ambiental**
Estratégico	Planejamento	Planejamento Ambiental
Tático	Implantação	Planejamento & Gestão Ambiental
Operacional	Operação	Planejamento & Gestão Ambiental
	Manutenção	
	Desativação/ Descarte	

3.1. Etapa 1 - Planejamento

Dentro do Planejamento Ambiental do transporte hidroviário é fundamental a análise dos possíveis impactos ambientais provenientes da implantação, operação, manutenção e desativação deste sistema de transporte.

A caracterização dos impactos ambientais neste trabalho foi realizada conforme a Resolução CONAMA 001/1986, em seu inciso II, Artigo 06, e são assim caracterizados: Impacto Positivo(P) ou Negativo (N); Impacto direto(D) ou indireto (I); Impacto Imediato (Im) ou de Médio ou Longo prazo (M); Impacto Temporário (T) ou Permanente (Pr); Impacto Reversível (R) ou Irreversível (Ir).

Também foi considerado outro tipo de impacto, um que FILIPPO (1999) em suas análises utilizou a de abrangência espacial no qual, uma caracterização, também, pode ser de impacto local (L), regional (R) ou estratégico (E).

Com isso, para cada etapa do projeto hidroviário (implantação, operação, manutenção, desativação/descarte) foram levantados e identificados as ações, as atividades, os aspectos ambientais, seus possíveis impactos ambientais e as medidas mitigadoras.

Em cada etapa do Projeto Hidroviário, os elementos analisados foram as vias, as embarcações, os terminais, as cargas e os controles.

3.2. Etapa 2 - Implantação

A implantação de sistemas de transporte hidroviário interior abrange basicamente as seguintes atividades principais:

- Instalação e uso do Canteiro de Obras;

- Realização de obras e serviços para a criação e/ou melhoramento das condições de navegabilidade da via;
- Construção de portos e terminais hidroviários.

E a partir dessas atividades derivam várias obras, ações, serviços e aspectos ambientais que podem gerar impactos nos meios físico, biótico e sócio-econômico.

3.3. Etapa 3 - Operação

De acordo com Filippo (1999), Camargo Júnior (2000) e Rezende (2003) a maioria dos impactos ambientais observados no meio antrópico (sócio-econômico) na fase de operação de sistemas de transporte hidroviário interior, ocorrem como conseqüência de uma expansão do *hinterland* provocado pelo incremento das atividades econômicas e da ocupação demográfica, onde muitos desses impactos estão relacionados entre si, geralmente são de efeitos indiretos ou secundários.

As atividades geradoras de possíveis principais impactos ambientais da operação dos terminais de cargas são:

- a manipulação das cargas;
- o armazenamento de cargas;
- o abastecimento das embarcações (interface com as embarcações);
- as atividades industriais;
- a expansão das áreas do terminal ou porto;
- impactos referentes a interface terminal ou porto com os núcleos populacionais.

As atividades da operação das embarcações em uma hidrovia que podem ocasionar impactos ambientais são:

- Operação de carga e descarga, já descritas anteriormente;
- Operação de limpeza da praça das máquinas, conveses, porões e tanques de cargas;
- Operação de lastro e deslastro;
- Transporte de cargas perigosas;
- Navegação e trânsito na via.

3.4. Etapa 4 - Manutenção

Resumidamente, as atividades de manutenção da hidrovia estão focadas nos serviços periódicos de manutenção dos elementos que compõem o sistema hidroviário. O Planejamento Ambiental dessas atividades é semelhante aos planejamentos nas fases de implantação e operação do sistema hidroviário. Além da manutenção, para esta fase é preciso considerar as atividades de melhoria, ampliação e, até de recuperação dos elementos de um projeto hidroviário.

3.5. Etapa 5 - Desativação / Descarte

Esta etapa é a última de um projeto e inclui princípios reversos logísticos de um projeto hidroviário (bem como de qualquer sistema de transporte), especificamente aqui, corresponde o fim das operações das vias, dos terminais, das embarcações e dos dispositivos de controles. Destes, são elementos renováveis as embarcações e os controles, ou seja, o sistema continua, com a substituição de componentes desses elementos hidroviários. Esta etapa consiste no planejamento da logística reversa dos elementos hidroviários, bem a disposição final, o sucateamento, a doação, a transformação, reaproveitamento de peças e componentes, a reciclagem de materiais, o descarte, etc.

4. PROPOSTA DE GESTÃO AMBIENTAL PARA O TRANSPORTE HIDROVIÁRIO BRASILEIRO

Este item aborda Sistemas de Gestão Ambiental aplicados às hidrovias. Num primeiro instante, são apresentados planos e programas ambientais para melhoria do desempenho ambiental nos empreendimentos hidroviários. Tais planos e programas podem ser implantados (associados ou isoladamente), conforme as necessidades dos empreendimentos hidroviários, sem se preocupar em obter certificações ambientais auditadas. Num segundo instante é dado ênfase para Sistema de Gestão Ambiental em acordo com a Norma ISO 14001 - Implementação e Operacionalização de um Sistema de Gestão Ambiental. A proposta do trabalho é dar essas duas opções.

Uma ferramenta básica e fundamental para planos ambientais em todas as fases do projeto hidroviário é a utilização de Cartas de Sensibilidade Ambiental. Segundo MMA (2002), as Cartas SAO são importantes para a utilização nas seguintes situações:

- Planos de Contingências (de todos os níveis);

- Operações de Combate a derramamentos de óleo;
- Planejamento Ambiental (de modo geral).

E incluem três tipos de informações principais:

- sensibilidade dos ecossistemas aquáticos;
- recursos biológicos;
- usos humanos dos recursos – atividades sócio-econômicas.

Desta forma, fica clara e evidente a contribuição das cartas de sensibilidade no Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) e em planos de gestão ambiental em todas as fases do projeto hidroviário (planejamento, implantação, operação, manutenção e desativação/descarte).

4.1. Programas e Planos Ambientais Propostos para a Fase de Implantação

- Educação ambiental da comunidade e operários;
- Desapropriação e realocação da população afetada;
- Recuperação de áreas degradadas;
- Salvamento arqueológico;
- Manejo e monitoramento da fauna terrestre;
- Criação de estação ecológica;
- Monitoramento da qualidade das águas;
- Monitoramento da ictiofauna e demais comunidades aquáticas;
- Plano de Controle de Qualidade do Ar na Implantação de Obras Hidroviárias;
- Controle de ruído e vibrações.

4.2. Programas e Planos Ambientais Propostos para a Fase de Operação

- Programa de Gerenciamento de Risco (PGR);
- Planos de Contingências e Emergências;
- Plano de Emergência Individual (PEI);
- Plano de Área (PA);
- Plano Nacional de Contingência (PNC);
- Plano de Ações para Contingências e Emergências;

- Plano de Emergência de Navio para Poluição por Óleo (PENPO);
- Plano de Gerenciamento de Água de Lastro (PGAL);
- Programa de Monitoramento e Controle da Qualidade da Água;
- Programa de Monitoramento e Controle de Resíduos Oleosos, Líquidos e Efluentes;
- Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos;
- Programa de Monitoramento e Controle da Qualidade do Ar;
- Plano de Controle de Ruído e Vibrações;
- Programa de Turismo Ecológico flutuante (*showboat*) e fixo (estação ecológica);
- Plano de Lazer e Turismo Ecológico;
- Programa de Segurança e Saúde do Trabalho Portuário;
- Programa de Estudo de Viabilidade Individual para a Navegação.

4.3. Programas e Planos Ambientais Propostos para a Fase de Manutenção

- Manutenção da navegabilidade das vias e canais (Manutenção e Recuperação das Matas Ciliares; Dragagens Manutentivas, Dragagens Ambientais e Limpeza das vias);
- Monitoramento do regime hidrológico;
- Manutenção dos controles [manutenção de bóias, faróis, faroletes, placas, balizas, sistema de informação (telefonia, rádio, satélite, Internet, etc.)].

4.4. Programas e Planos Ambientais Propostos para a Fase de Desativação/Descarte

Esta etapa, inovadora, em termos de gestão ambiental de projetos hidroviários, inclui, além, da desativação e descarte de equipamentos, veículos, estruturas, prédios, silos, tanques nos terminais de carga, inclui também, a pesquisa, a exploração, o abandono, a remoção e a demolição de coisas e bens afundados, submersos, encalhados e perdidos com relação às embarcações.

Neste sentido, deve haver, também, proposta de programas ambientais e planos de ação, tais como:

- Programas de Desativação dos prédios, estruturas, tanques, silos, equipamentos e veículos sem danos ao meio ambiente;
- Programas para tombamento histórico de patrimônios que significaram progressos locais e regionais;

- Programas de exposição ao público como parte da história local;
- Programas de incentivo à pesquisa (para escolas técnicas, tecnológicas e engenharias) sobre embarcações descartadas, afundadas, encalhadas e obsoletas;
- Programas especiais de cuidados do abandono das embarcações para o meio ambiente.

4.5 Considerações para Projetos Hidroviários já existentes

Todas essas fases hora apresentadas dissertam sobre planos e programas ambientais, quase sempre, para novos empreendimentos de sistemas hidroviários, porém, terminais de cargas, empresas de transporte hidroviário ou operadores logísticos já existentes que, queiram adotar planos e programas ambientais nas suas atividades, pode também fazê-los, escolhendo aqueles ligados, principalmente, com a operação, manutenção e desativação/ descarte dos sistemas hidroviários. O que não os impede de adotar, também, programas ambientais aqui classificados ou indicados na fase de implantação**,** tais como:

- Recuperação de áreas degradadas;
- Criação de Estação Ecológica;
- Salvamento Ecológico;
- Monitoramento da qualidade das águas;
- Monitoramento da ictiofauna e demais comunidades aquáticas;
- Educação ambiental dos operários e da comunidade.

4.6. Proposta de Implementação e Operação da Norma ISO 14001

A Norma ISO 14001 inclui elementos centrais do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) a serem utilizados para certificação/registro. Este certificado atesta responsabilidade ambiental no desenvolvimento das atividades de uma organização.

Para a obtenção e manutenção do certificado ISO 14001, a organização tem que se submeter a auditorias periódicas, realizada por uma empresa certificadora, credenciada e reconhecida pelo INMETRO e outros organismos internacionais. Nesta auditoria são verificados o cumprimento de requisitos como:

- cumprimento da legislação ambiental;
- diagnóstico atualizado dos aspectos e impactos ambientais de suas atividades;

- procedimentos padrão e planos de ação para eliminar ou diminuir os impactos ambientais;
- pessoal devidamente treinado;
- outros.

A implementação e Operação do Sistema de Gestão Ambiental de acordo com a Norma NBR-ISO 14001 seguem algumas etapas onde filosofia é o conceito de *melhoria contínua da qualidade ambiental*, baseada na metodologia conhecida como Plan-Do-Check-Act (PDCA), ou seja, Planejar-Executar-Verificar-Agir (PEVA) que pode ser visualizada pela Figura 1, uma espiral retro-alimentada que é a base de um *check list* a ser desenvolvido aos elementos que compõem uma hidrovia (vias, embarcações, terminais, cargas e controles) aos níveis hierárquicos de administração (estratégico, tático e operacional) e seus atores, e as etapas do projeto hidroviário (planejamento, implantação, operação, manutenção e desativação/descarte). Segundo CAMARGO JÚNIOR. (2000), a dinâmica desta espiral é supervisionada pela auditoria ambiental, realizada por profissionais com sólida formação em Ciências Ambientais e Organização e Métodos.

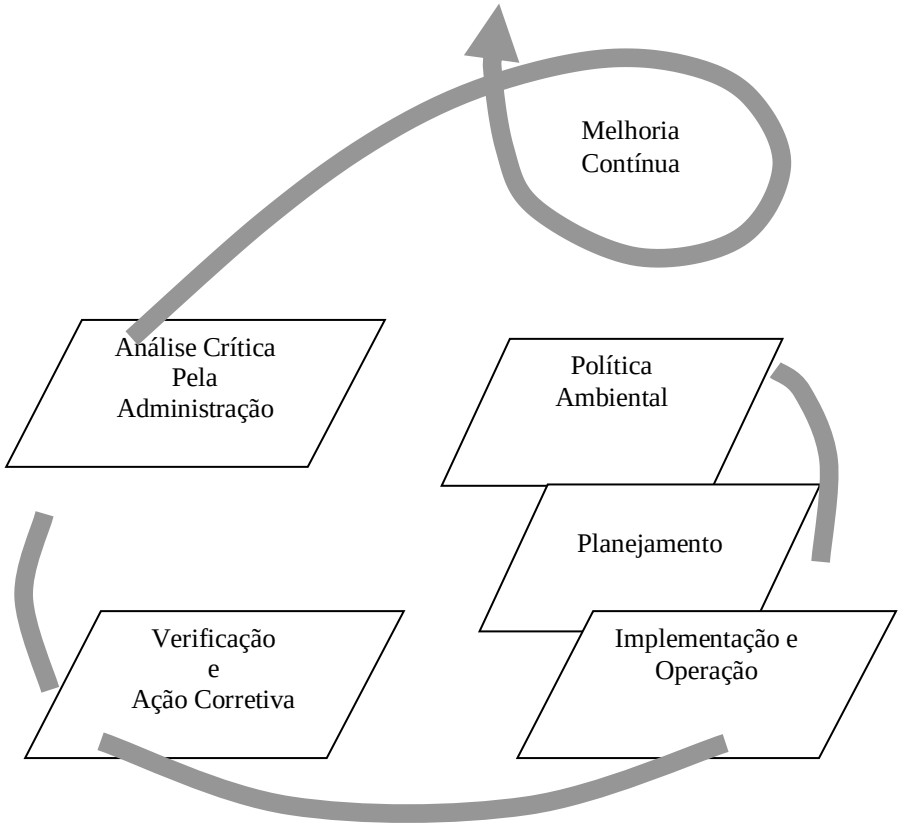


Figura 1 Espiral da melhoria contínua da qualidade ambiental

A Tabela 2 mostra a proposta da aplicação da Norma ISO 14001 para os projetos hidroviários novos, já a Tabela 3 traz essa aplicação para sistemas já operantes. Neste sentido, há uma amarração entre as etapas do projeto hidroviário, as etapas da referida Norma, os níveis hierárquicos de gerenciamento e as fases de planejamento e gestão ambiental.

Tabela 2 – Proposta de implementação e operação da Norma ISO 14001 para sistemas hidroviários novos.

Nível de Administração	**Etapas do Projeto Hidroviário**	**Planejamento/ Gestão Ambiental**	**Etapas da Norma ISO 14001**
Estratégico	Planejamento	Planejamento Ambiental	Etapa 1- Política Ambiental Etapa 2 - Planejamento Ambiental
Tático	Implantação	Planejamento Ambiental	Etapa 3-Implementação e Operação do SGA
Operacional	Operação	Gestão Ambiental	Etapa 4 – Avaliação Periódica e Revisão
	Manutenção		Etapa 5 – Análise Crítica e Melhoria Contínua
	Desativação/ Descarte		

Tabela 3 - Proposta de implementação e operação da Norma ISO 14001 para sistemas hidroviários operantes.

Projeto Hidroviário	**Planejamento/ Gestão Ambiental**	**Etapa**	**Envolvimento Administrativo**
Planejamento	Não realizada		
Implantação			
Operação	Planejamento e Gestão	1- Política Ambiental	Estratégico (elaboração dos planos globais de ação) Tático (capacitando o sistema para operar de acordo com a Norma) Operacional (operação e controle do desempenho ambiental com treinamento, comunicação e respostas rápidas aos planos de ação)
		2- Planejamento Ambiental	
Manutenção		3- Implementação e Operação	
Desativação		4- Avaliação Periódica e Revisão	
		5- Análise Crítica e Melhoria Contínua	

4.6.1 Tarefas Estratégicas

Tomando-se como base a proposta da Tabela 2, em nível Estratégico está o planejamento da hidrovia como um todo, como, por exemplo, onde localizar os terminais, onde e como fazer intervenções e obras civis nas vias navegáveis, quais as dimensões das embarcações-tipo, quais são as cargas de vocação hidroviária na região de influência, quais outros modais de transportes farão conexão com a hidrovia nas ligações intermodais (ou multimodais). E em termos

ambientais, quais são os órgãos intervenientes, quais as jurisdições municipais, estaduais e federais, quais são as leis aplicáveis. Em termos de Planejamento Ambiental este nível hierárquico, compreende duas etapas, a primeira etapa que é a da política ambiental que envolve as leis e os órgãos legais, intervenientes e representativos, e a segunda etapa que é a do planejamento ambiental em si, ou seja, é, previamente, identificar aspectos ambientais, estudar impactos ambientais, propor medidas mitigadoras, apresentar os processos e etapas de licenciamento ambiental. Enfim, dar uma visão macro dos empreendimentos e dos elementos de uma hidrovia. Uma palavra de ordem para este nível hierárquico é Efetividade, e com isso garantir a filosofia da *melhoria contínua da qualidade ambiental*.

4.6.2 Tarefas Táticas

O nível Tático compreende a realização e a implantação do projeto hidroviário e dá viabilidade ao planejamento e aos elementos de uma hidrovia, aproveitando e otimizando a capacidade dos recursos do sistema. Está compreendida no Planejamento Ambiental a terceira etapa que compreende a implementação e operação do sistema de gestão ambiental. Nesta etapa, são levantados e verificados os possíveis impactos ambientais da implantação dos elementos da hidrovia e, também, são apresentadas medidas mitigadoras aos possíveis impactos ambientais. A palavra de ordem para este nível é Eficiência, ou seja, garantir a utilização racional dos recursos em termos econômicos, logísticos e ambientais.

4.6.3 Tarefas Operacionais

O nível Operacional tem início quando a implantação dos elementos já foi concluída e se dá início a operação comercial de transporte pelo sistema planejado. Neste nível, estão duas etapas de gestão ambiental, a fase de manutenção ambiental e são representadas pelas quarta e quinta etapas que, respectivamente, compreende a avaliação periódica e revisão, e a análise crítica e melhoria contínua. A palavra de ordem para este nível é Eficácia, ou seja, garantir a satisfação dos requisitos e às exigências da filosofia de melhoria contínua e a política ambiental estabelecidas na Etapa 1. A qualidade e a garantia de nível de serviço deve ser a preocupação constante para as tarefas deste nível hierárquico.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho espera ter contribuído para a articulação de gerenciamento hidroviário brasileiro, oferecendo diretrizes e idéias, além de todos os planos propostos, quer num sistema auditado, que utiliza a implementação e operacionalização da norma ISO 14001, quer na aplicação e associação de planos e programas ambientais sem auditorias obrigatórias. A escolha ou a decisão cabe aos operadores hidroviários, que podem se basear, por exemplo, na exigência do mercado e da sociedade, cada vez mais exigentes de perfis de empresas social e ambientalmente responsáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (2004) *NBR ISO 14001- Sistema da Gestão Ambiental – Requisitos com orientações para uso*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.

Camargo Júnior, A (2000). *Sistema de Gestão Ambiental em Terminais Hidroviários e Comboios Fluviais: Contribuições para o Desenvolvimento Sustentável na Hidrovia Tietê-Paraná*. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

Filippo, S (1999). *Subsídios para Gestão Ambiental do Transporte Hidroviário Interior no Brasil*. Dissertação de Mestrado. Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.

MMA (2002) – Ministério do Meio Ambiente. *Especificações e Normas Técnicas para Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamento de Óleo.* Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos. Programa de Proteção e Melhoria da Qualidade Ambiental. Projeto de Gestão Integrada dos Ambientes Costeiro e Marinho. Brasília.

Rezende, J. H. (2002). *Um Estudo sobre a Gestão de Resíduos e Efluentes em Marinas, Terminais Hidroviários de Passageiros e Embarcações de Turismo e Lazer no Reservatório de Bariri/ Hidrovia Tietê-Paraná*. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo.

Santana, W. A (2008) *Proposta de Diretrizes para Planejamento e Gestão Ambiental do Transporte Hidroviário no Brasil* (ed. rev). Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

Souza, M. P.(2000). *Instrumentos de Gestão Ambiental: Fundamentos Práticos*. Ed. Riani Costa. São Carlos.

Physical Modelling Tests of "Turtle Anchors" in Centrifuge Using Wireless Smart Sensors Network

Rubens Ramires Sobrinho, Visiting Researcher, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo and Assistant Researcher, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brazil.

Toshi-ichi Tachibana, Professor, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil.

Fernando Saboya Jr., Professor, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brazil.

Sérgio Tibana, Assistant Researcher, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brazil.

Rodrigo M. Reis, Assistant Researcher , Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brazil.

ABSTRACT: The present work describes the physical modelling tests in centrifuge apparatus as a special tool for analysis and design of foundation elements for offshore structures using wireless smart sensors networks technologies. The use of the wireless smart sensor networks technology in physical modeling test in centrifuge, by first time in Brazil, will allow significant advances in the parameters determination. The centrifuge modelling has been used in geotechnical problems in offshore engineering to avoid misinterpreting results, commonly observed in reduced model tests. Herein it is also presented as an example of centrifuge modelling, a special type of anchor, called 'turtle anchor', developed by CENPES-Petrobras, which has already been used in actual cases. A comprehensive campaign of tests in conventional scale has been performed in turtle anchors, however, the results did not bring numerical information about stress in soil-anchor contact (due to difficulties in evaluating the bearing capacity and deformation).

KEYWORDS: Oceanic structures physical modelling tests, instrumentation, sensors, actuators, wireless smart sensors networks, geotechnical tests in centrifuge.

1. INTRODUTION

Historically, instrumentation has been an allied in the human activities. In the beginning of industrial activity, the man used devices that informed about the physical events intensity and its duration, allowing the knowledge of the processes. This knowledge used to improve the performance of the process and its control, implies several benefits. One of the well known systems, which is applied so far in Distributed Control Systems (DCS), in industrial processes, is the Data Acquisition and Control (DAQC), through the Personal Computer (PC). Other system used in industries is the Programmable Logical Controller (PLC). Recently, the FieldPoint and FieldBus, whose functional conception and architecture are similar to CLPs', were developed. The automation and control systems use industrial communication networks due to the actual complexity of the industrial processes or due to the geographical distribution in new installations. Thus, they have been implemented as data communication systems, local or remote, implemented as Systems Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA).

Nowadays, the most employed models in the networks are Foundation Fieldbus, WorldFIP, ControlNet and DeviceNet, which present an efficient network for maximization of data changes, in addition with an increasing flexibility. Nevertheless, inside of the supervision applications, there are several manufacturers, as: WIZCON and WIZFACTORY - PC Soft International Inc.,

RSI - Rockwell Automation, LabVIEW - National Instruments and ELIPSE WINDOWS - Elipse Software Ltd. As the computation progresses, the knowledge of microprocessors and microcontrollers allow that the instrumentation be intelligent too. Internally, these transducers comprise the signal conditioning, A/D converters and the transducers electronic data sheet (TEDS).

These systems still use cables, demanding much more installation time and great length of cables in the industrial plant, endearing the installation project. The instrumentation communication has been limited for a long time by the connections with wires between the sensor element and data acquisition system (DAQ) and control. This limitation also occurs because the communication is carried out by manufacture's protocols, which implies high costs. Now, these systems are becoming interesting due the decrease or elimination the use of cables, minimizing the costs.

The progress is more significant when the access to the measurement networks takes place by means wireless technology, allowing a faster reading of the processes variables or the monitoring of the test conditions. The current evolution enables creating wireless smart sensor networks to be used in several applications. This comprehends activities in reduced physical models tests, mainly, in centrifuges. Two works used wireless smart sensors networks (WSSN) in centrifuges can be detached: (Cheekiralla, 2004; Wilson et al., 2004), although the conclusion of Cheekiralla's work informs failures in its use. The reduced physical models tests developed with the IPT centrifuge use the conventional instrumentation technology that consists of a data acquisition system and control (DAQC) and uses cables for the data transfer. The results obtained are, sometimes, difficult to interpret or understand, and the duplication of tests is most of time needed. The previous estimates obtained by numeric modelling are not comparable to tests results. In many cases it was necessary to develop auxiliary devices to reduce the instrumentation effects during the study campaign.

Thus, the wireless technology was employed in the actual study, using the IPT centrifuge. The acquired experience with wireless technology, today, is possible to be transferred to the major centrifuge installed in Brazil, at UENF – State University of Norte Fluminense Darcy Ribeiro– Rio de Janeiro.

2. MODELLING TESTS

The study of phenomena associated with the behaviour of foundation elements has been often hampered by difficulties of carrying out a series of field tests due the high costs and complexity.

The use of physical models is an old practice in the engineering area and it has been improved by the development of electro-electronics sensors, allowing precise measurement of stress and strains.

Thus, in recent years, the amount and quality of information obtained from these tests on models has substantially increased as a result of the improvement of instrumentation and systems for processing data.

The models are a physical representation, in reduced scale, which are tested and analysed, using laws of similarity employed to interpret the results.

Particularly for the study of geotechnical problems, the physical model represents an important tool because, given the small size, it is possible to consider the ground homogeneity and mass forces. It is also feasible to consider the model characteristics that can influence its behaviour.

In practice, it is observed that the use of very small scales presents difficulties in manufacturing and instrumentation.

Larger models are easier to build but, in general, they require bigger and sophisticated equipment, in particular those used for loadings.

Models can be employed to study theories and their generalizations to several cases, through simulations in three-dimensional scale. The accuracy of the results can be affected by many factors, such as properties of materials, model manufacture precision manufacture, loading techniques, measurement methods, and interpretation of results.

The models must be designed and examined in accordance with the laws of similarity between them and prototypes.

The laws of similarity are based on the modelling theory and they are derived from dimensional analysis of the physical phenomenon involved.

Scale factors for independent parameters are chosen and the same factor must be considered for others parameters.

In order to ensure that the phenomenon observed in models to mimicking the prototype behaviour, it is necessary to meet the similarity requirements.

Geometric similarity is easy to be achieved, but full similarity is very difficult to attain. In such cases, it is necessary to justify the differences, checking their influences on parameters and on the results.

In general, geotechnical problems involve water flow (pore-pressure dissipation in this case), which affects the strain and stresses of soil-element interface, in a level below that of in prototypes.

Unit scale of stress, using the same materials, can only be achieved using centrifuges.

The choice of model materials must consider stress limits, stiffness, rupture mechanisms, the influence of temperature and humidity, the effect of loading speed as well as size and form.

The success of experimental result program depends on precision and reliability of measurements.

In order to reach the same precision for tests in prototype, it must have at least the scale factor applied to instruments in model simulations. Tests in models can be improved with the use of statistical analyses in data interpretation and appropriate instrumentation.

Model instrumentation includes identifying amounts to be measured, selecting measurement sensors and their installation and calibration process.

It is mister that the engineer is supposed to know how to measure and how to have enough data for modelling interpretation. Table 1 presents a list of main physical amounts involved in a modelling process.

The scale factors between model and prototype, for a scale reduction of 1:N is presented in Table 2 (Portugal, 1999).

In case of water flow, it can be demonstrated that the scale factor for time is N^{-1}. By adopting N^{-1}, the similarity condition is obtained, but the modelling law guiding the fluid speed is violated.

It would be necessary to use a liquid with different dynamic viscosity to avoid violating this law (Portugal, 1999).

Table 1: Physical quantities

Quantity	Unit
Length	L
Force	F
Time	T
Mass	$FL^{-1}T^2$
Stress	FL^{-2}
Strain	--
Acceleration	LT^{-2}
Displacement	L
Elastic Modulus	FL^{-2}

Table 2: Scale factors in physical model (Portugal, 1999)

Quantity	Scale Factor
Length	N^{-1}
Time	$N^{-1/2}$
Speed	$N^{-1/2}$
Acceleration	1
Mass	N^{-3}
Force	N^{-3}
Stress/Pressure	N^{-1}

The study of offshore foundations in actual scale would demand many material resources, beyond a place of appropriate dimension and with similar geological-geotechnical characteristics. Thus, the use of reduced models is an important tool to evaluate the phenomenon related to the installation process, which can be reproduced in small scale and in conditions close to homogeneity in terms of ground parameters. Tests in reduced models, especially those that deal with bearing capacity of foundation, have been used mostly in academic purposes. Difficulties and costs involved in modelling inhibit its use in a large scale. When pore-pressures need to be measured, care with the instrumentation must guide the tests, since any instrument of significant size, immersed in the ground soil mass, can behaves as reinforcement element. Moreover, scale effects violating some modelling laws are important when tests in models will be surpassed due to the analysis of prototype behaviour. Studies on the influence of scale effect can be conducted by

accomplishing a series of tests regarding phenomenon in different scales, in order to evaluate results. This is known as modelling of the models.

In a study of bearing capacity of foundation using reduced physical models, some factors require special attention: the dimensions and geometry of a model, the stress level in the model and in the ground. While analysing pore-pressure dissipation, time scale effects must be considered. Likewise, in order to reproduce the same stress level existing in the field using a centrifuge, a special piece of equipment enabling to simulate real cases under increased gravity accelerations, appears as an alternative. Few are the available centrifuges in Brazil (IPT, the Institute for Technological Research in São Paulo State has one, developed in partnership with FAPESP) and its use is still focused on academic research. It is certainly a promising tool for technological innovations in the geotechnical area.

3. CENTRIFUGE: DESCRIPTION

This apparatus consists of two strong containers rotated by an engine, with a rotation-controlled system, exerting a force on the model proportionally to N times the gravitational force.

The equipment main features are: nominal diameter of the1500 mm, acceleration: 200 g (g: gravity acceleration), rotation 451 rpm (rpm: rotations per minute).

The centrifuge arm (Figure 1) is symmetrical to its rotation axis (fixed vertical direction). The steel structure is suspended 38 cm above the ground and fixed to the ground by metallic anchors. Neoprene plates are used to isolate the machine from external vibrations.

The centrifuge side walls are designed out of steel and inside of it sand is used to fill the empty space between them.

Under normal conditions testing, the centrifuge works perfectly balanced, with the model placed on one of the container and the counter weight on the other one. The containers are made of steel, with dimensions of 250x300x130mm.

Figure 2 shows an illustration of all systems contained in a centrifuge machine while Figure 3 shows a picture of IPT centrifuge.

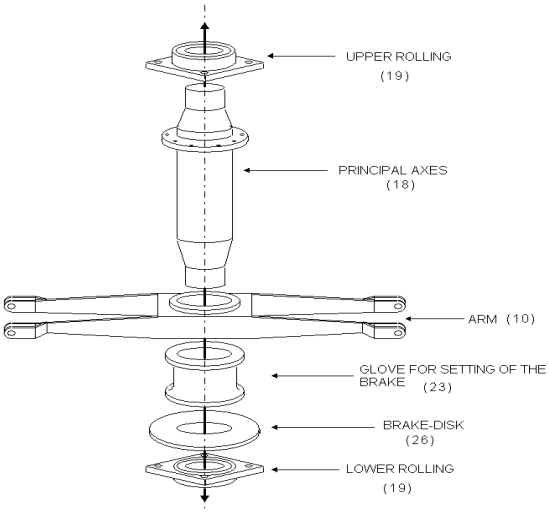


Figure 1: Arm assembly – IPT/FAPESP Centrifuge

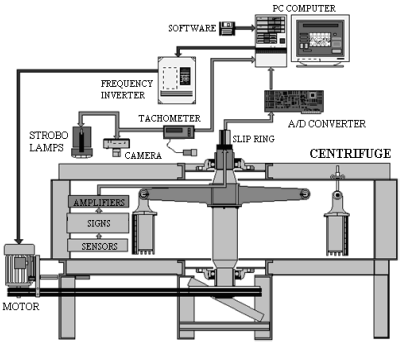


Figure 2: System of IPT/FAPESP Centrifuge



Figure 3: IPT/FAPESP Centrifuge

4. TESTS PERFORMED WITH WIRELESS SMART SENSORS NETWORK

Experience provided during tests on suction piles enabled the implementation of a new research project: studies on the behaviour of a new foundation solution for offshore structures, named turtle anchor. It is a special anchor, which has a format similar to a turtle, driven into the soil. Three different models were constructed (see Figure 4). Table 3 shows the

main characteristics of these models and those of the prototypes.

The model was designed to withstand 150 g acceleration during the centrifuge tests. Table 4 presents the weight force of each model and of the relevant prototype.

Table 3: Geometric characteristics of turtle anchors

Anchor	Characteristic	Prototype (m)	Model (m)
1	Width (front)	3.00	2.00×10^{-2}
	Width (back)	6.95	4.63×10^{-2}
	Length	5.50	3.67×10^{-2}
	Height	1.60	1.10×10^{-2}
2	Width (front)	3.00	2.00×10^{-2}
	Width (back)	6.95	4.63×10^{-2}
	Length	5.50	3.67×10^{-2}
	Height	1.60	1.10×10^{-2}
3	Width (front)	3.00	2.00×10^{-2}
	Width (back)	6.95	4.63×10^{-2}
	Length	5.50	3.67×10^{-2}
	Height	1.60	1.10×10^{-2}

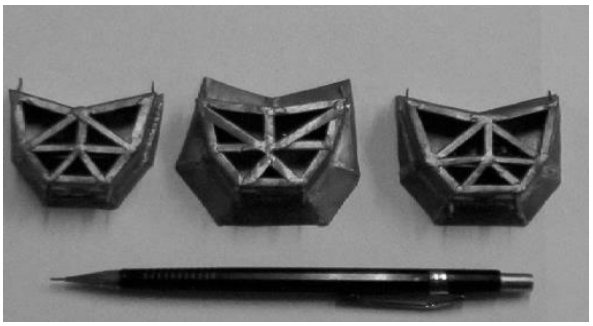


Figure 4: Turtle anchors models

Table 4: Weight force of turtle anchors

Anchor	Model (N)	Prototype* (MN)	Prototype** (MN)
1	0.397	0.013	0.01
2	0.356	0.012	0.01
3	0.386	0.013	0.01

(*) Weight force plus N^2, where N is the scale factor;
(**) Weight force of real prototypes.

Testing assemblage started by pouring soil in centrifuge container. The soil used had undrained cohesion of 15 kPa, water content of 33.4 %, and a laboratory cone penetration of 7 mm. After mixing soil grains and water, in order to attain the parameters mentioned above, the soil mass was disposed into the container in layers of 4 cm each. Tests were performed for each layer to reveal water content and cone penetration. This procedure aimed preventing air entering ensuring, thus, a soil mass homogeneity. When soil was 13 cm high inside the container, 10 cm of water was poured on the soil mass, simulating the water sea level. Then, an anchor model and all the apparatus were installed before the test starts (Figure 5). At the end of each test, an undisturbed Shelby sample was removed from the box, and all soil tests were repeated to confirm that conditions were kept unchanged during the centrifuge flight. Monitoring sensors used a wireless system, developed by Ramires (2007) (Figures 6 and 7). The system comprised of a tilt sensor, a load cell, a small motor, and an encoder. Dragging and pulling out forces was simulated using a load cell apparatus, with strain gauges in a full bridge position, with a 350 Ω resistance. Forces up to 600 N could be recorded with this device.

The engine had an encoder system with 15,000 resolution points. It was able to simulate a 1.15 mm/s pulling out velocity (this value corresponds to 4.14 mm/s in prototype). Some special pulleys were placed on the container to guarantee the horizontal forces on anchor models, as it occurs in real cases. Two different software applications were developed to record the data testing. The first one uses C language, and the second one is based on LabVIEW package. These two software applications worked as a pair, to avoid communication noises, Figures 8 and 9 shows one of the tests performed.

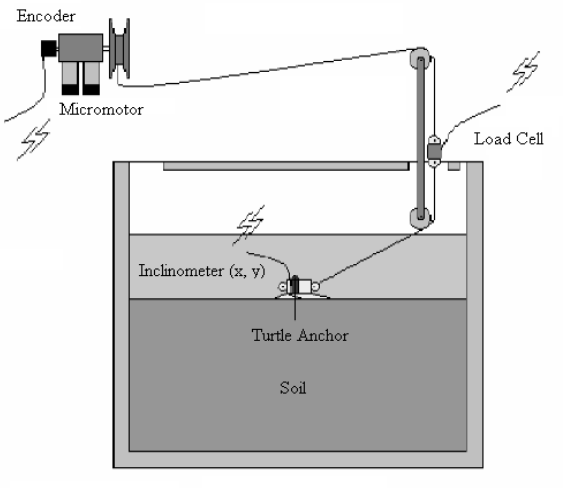


Figure 5: "Turtle anchor" model



Figure 6 – Evaluation module (Chipcon, 2003)

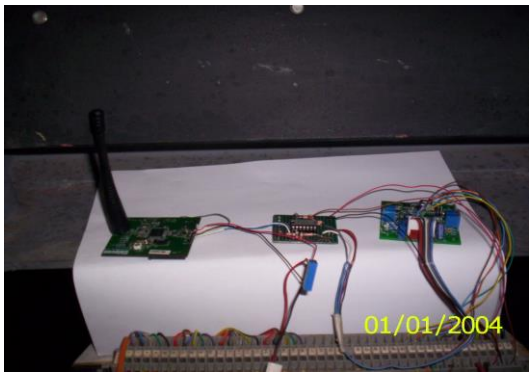


Figure 7 – Wireless smart sensors used in tests

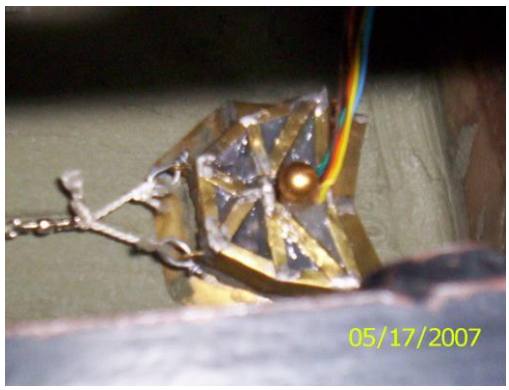


Figure 8 – "Turtle anchor" in test



Figure 9: Pictures taken during testing

Table 5 presents the results of the centrifuge tests and Table 6 and Figures 10 up to 12 show the same values for the prototype conditions, obtained from the reduced modelling tests.

Table 5: Test results of turtle anchor models

Anchor	Characteristic	Maximum Values	Standard Deviation
1	Force (N)	4.07	0.059
	X-Axis (degree)	-25.78	0.271
	Y-Axis (degree)	0.05	0.033
	Displacement (mm)	125.70	-
2	Force (N)	29.78	0.067
	X-Axis (degree)	28.97	0.299
	Y-Axis (degree)	23.45	0.093
	Displacement (mm)	116.52	-
3	Force (N)	124.82	0.352
	X-Axis (degree)	56.70	0.143
	Y-Axis (degree)	1.38	0.014
	Displacement (mm)	99.19	-

Table 6: Prototype values obtained from anchor models

Anchor	Force (MN)	X-Axis (degree)	Y-Axis (degree)	Displacement (m)
1	0.09	-25.78	0.05	18.86
2	0.67	28.97	23.45	17.48
3	2.81	56.70	1.38	14.88

Prototype forces were determined using a scale factor of N^2. For displacements, the scale factor is N, and for tilt angles it is one.

Visual observations of the centrifuge results indicated that:

- anchor 1 is not stable when submitted to horizontal forces. It penetrates some centimetres in soil mass, but only the back part of model was undergrounded. This anchor probably suffered a strong influence of the mass of sensors and cables, installed near its back part;
- anchor 2 also presented unstable behaviour during pulling out, which was confirmed at the flight end by the position of anchor model in the box; and
- anchor 3 proved to be the one with the best behaviour. A 56º penetration angle was measured during testing, providing this model with stronger dragging resistance. A stable situation was noticed at the end of tests, showing that the geometry of anchor 3 is suitable for situations in which horizontal forces act over anchors.

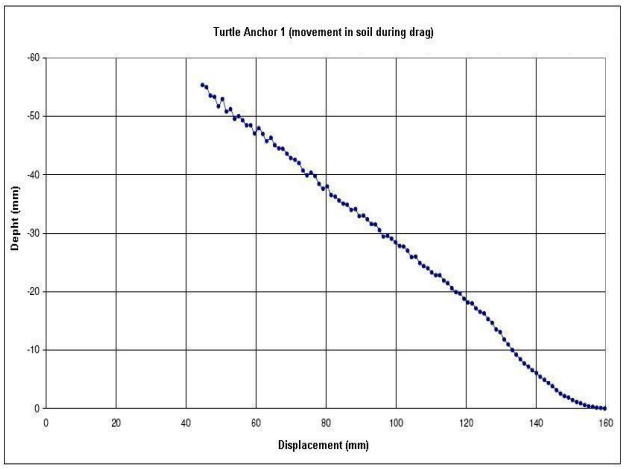


Figure 10 – Movement of anchor 1 in soil

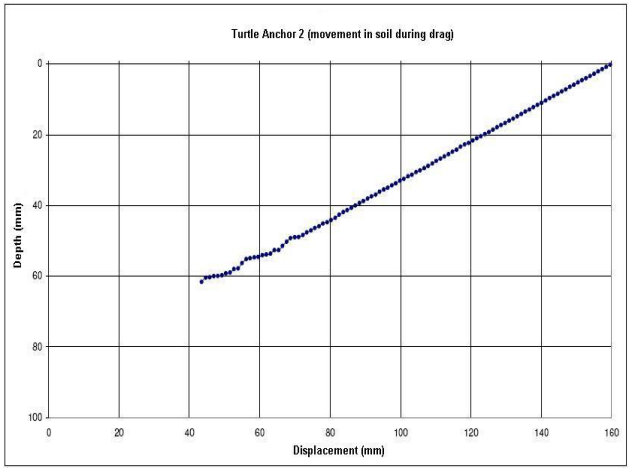


Figure 11 – Movement of anchor 2 in soil

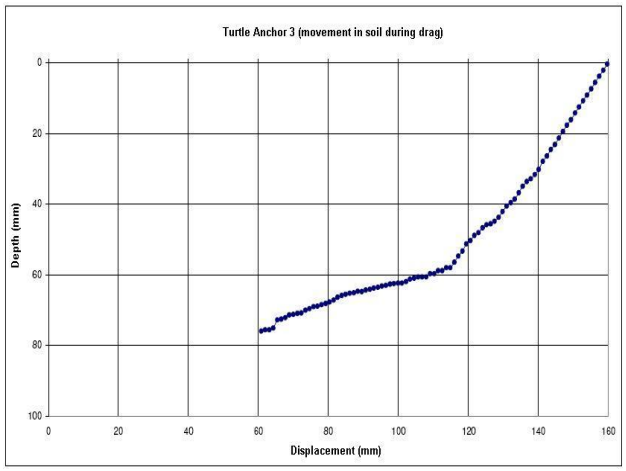


Figure 12 – Movement of anchor 3 in soil

5.CONCLUSIONS

This paper presented two examples of centrifuge tests on special off-shore foundation elements. These foundation solutions have been used in offshore structures, particularly in marine oil and gas production systems. It is known that it is very difficult, costly and dangerous to perform tests in real scale, especially in deep water situations. Costs involved in this activity are also a major problem for companies and designers. As a result, centrifuge seems to be a suitable tool to simulate and analyze the behaviour of new solutions, bringing valuable information about bearing capacity, displacements, and stability of foundation elements.

ACKNOWLEDGEMENTS

The tests were stand by IPT and EPUSP, financially supported by FAPESP. Today, many tests are performed at UENF Laboratory, and it's possible to offer results with more accuracy, attending several applications and presentation in a near future.

REFERENCES

Campos, G.C., Campos, E. P.; Medeiros Jr., C.J. (2006). Utility of the reduced physical models of the boundary analyses for turtle anchors. In: III Congress Geotechnical Brazilian-Portugal, p. 429-434.

Cheekiralla, S. M. S. L.; Development of a Wireless Sensor Unit for Tunnel Monitoring, 2004. Thesis (Master Science) in Civil Engineering Departament and Ambient of the MIT – Massachusetts Institute of Technology; USA.

Portugal, J.A. (1999). Physical Modelling with Centrifuge. Portugal, 241 p. Thesis (Doctorate) – Lisboa College Technician Institute.

Ramires, R.S. (2007). Method for data protection against communication failures in wireless smart sensors networks. 2007. Thesis (Doctoral) - Polytechnic School – University of São Paulo, São Paulo, Brazil, 326 p., 2007.

Wilson, D. W.; Weber. G. H.; Slankard, T.; Hamann, B.; Kutter, B. L.. Visualization in Experimental Earthquake Engineering, 2004. CITRIS Workshop on Sensor, Sensor Networks and Sensor Applications, University California Davis, USA.

Diseño de embarcación para transporte de contenedores a través del río Napo para el eje multimodal Manta Manaos del Amazonas

Espinosa Sèmper, Rafael
Construcciones Navales

Durán - Ecuador

r_espinosa_astillero@hotmail.com

Resumen

En Suramérica se encuentran doce corredores intermodales con importantes trayectos fluviales, complementados con trayectos por carretera y por ferrocarril. Dichos corredores unen, a través del subcontinente, puertos marítimos en el Atlántico con puertos marítimos en el Pacífico, como inicio o final de los corredores. Las vías navegables naturales son los ríos los cuales tienen un cauce natural, pendiente del fondo y de la superficie libre, corrientes, cauces cambiantes, movimiento de sedimentos. Es de resaltarse que ecológicamente tienen como orden de prioridad estos corredores porque se escogen los modos de transporte que sean menos contaminantes. Adicionalmente, en los puertos fluviales en dichos ríos se embarcan volúmenes de carga que se suman al flujo de bienes, de comercio nacional e internacional, que transportan por los citados corredores. Esto requiere del desarrollo de planes de Transporte, planes nacionales, provinciales y locales, comercio exterior, macroeconomía nacional, movimiento estadístico de cargas. Al iniciar el diseño de las hidrovías de navegación fluvial y puertos fluviales, es necesario incluir el diseño del Transporte Fluvial. En el 2008, el Ministerio de Transporte del Ecuador solicitó un diseño de una embarcación para el desarrollo del *eje multimodal Manta Manaos del Amazonas*, disponiéndose como información primaria: ratios de transporte de contenedores, autonomía de la nave, ruta de navegación, ubicaciones de puertos y niveles de profundidad a lo largo de la ruta. La extensión de este trabajo va desde las posibilidades de modelos de nave hasta la propuesta de diseño de una embarcación utilizando sistemas de propulsión que no se afectado por el nivel de calado del río, solucionando como primera instancia el diseño de esta Hidrovía.

Palabras claves:

1. Introducción

Los ríos constituyen las vías fluviales o hidrovías por donde transitan diferentes tipos de embarcaciones trasladando pasajeros y/o carga entre puertos ubicados en las márgenes de estas vías para facilitar el transporte de mercancías, estableciéndose rutas y tráficos de acuerdo a la demanda del transporte.

El sueño de unir a los océanos Pacífico y Atlántico a través de una ruta aero-terrestre-fluvial se pudo establecer por los convenios acordados por Ecuador y Perú luego de la firma del acuerdo de Paz y límites suscrito en octubre de 1998 que empujan y enriquecen el proyecto de la Vía Multimodal.

El desarrollo del proyecto, es parte de la Iniciativa de Integración Regional Sudamericana (IIRSA), de realización del corredor logístico multimodal que impulsará el desarrollo socioeconómico de los países de la Cuenca del Pacifico y la Cuenca Amazónica. Por este corredor circulará un flujo de productos y servicios originados en los centros de desarrollo de toda esta región, así como de las regiones de ultramar de ambos océanos.

Este proyecto busca una ruta más corta y económica para las mercancías asiáticas en el Atlántico, lo que implica que los buques provenientes de ese continente no utilicen el Canal de Panamá; así se ahorrará 20 días de navegación y un costo de al menos el 40% en los productos originarios del Asia.

El Puerto de Manta actualmente tiene un calado de 38 pies y se aspira tener 45 pies. Por ser un Puerto marítimo no requiere de ayuda especial para recibir a los barcos. El Puerto De Orellana está a orillas del río Napo, será el punto de encuentro desde el Puerto de Manta desde donde se efectuará el traslado fluvial hacia Manaos y por consiguiente a Belém en el océano Atlántico.

El eje multimodal Manta - Manaos, por lo tanto es una alternativa al transporte por el Canal de Panamá, debido a los siguientes beneficios:

- Tiene un alto interés de países como China, Japón, Corea, Canadá, Brasil para concesionar todo o parte del proyecto.
- Presenta menores costos y tiempos de transporte entre puertos Asiáticos, Australianos o Neozelandeses (60 % del comercio mundial) y Manaus.
- Es una de las más importantes obras de Infraestructura Continental, alineada al Plan de Iniciativa de Integración Regional Sudamericana (IIRSA)

• Ahorra 20 días de navegación marítima.

• Menor costo del transporte y de inmovilización de capital en cargas de alto valor.

• Nuevas oportunidades de negocios:

• Desarrollo turístico.

• Desarrollo de servicios.

• Desarrollo tecnológico.

• Creación de fuentes de trabajo.

• Tráficos exitosos de empresarios Ecuatorianos, Colombianos y Brasileños, han probado su efectividad y conveniencia.

Es de resaltarse que ecológicamente el orden de prioridad de los corredores con los modos de transporte menos contaminantes en Suramérica son: unimodales, ferroviarios eléctricos, ferroviarios a petróleo e intermodales fluvio-ferroviarios, fluvio-carreteros, ferro-carreteros, y carreteros.

2. Consideraciones generales de la Hidrovía Coca- Nuevo Rocafuerte Manaos

La alternativa del eje bioceánico multimodal Pacífico-Atlántico integra rutas que utilizan las vías marítima, terrestre, fluvial y aérea, que enlazan desde el Puerto Internacional de Transferencia de Carga y el aeropuerto Eloy Alfaro, en Manta, utilizando en su primera etapa la vías terrestres desde Manta, Chone, El Carmen, Santo Domingo, Alóag, Pifo, Papallacta, Baeza, Lago Agrio y Shushufindi, hasta llegar al Puerto de Providencia en Napo.

Esta ruta tiene 882 km, que se recorren en 15 horas. Sin embargo, para que sea totalmente una realidad, se requiere de obras como: encauzamiento de tramos, repotenciación de puentes y obras de mantenimiento. Esta ruta se muestra, con trazo rojo en la figura 2.1



Figura 2.1: Ruta Terrestre y Fluvial Eje Multimodal Manta - Manaos

A su vez, otra ruta terrestre se proyecta desde Manta hacia San Plácido, Pichincha, Quevedo, La Maná, Saquisilí, Chalupas, Archidona, Narupa, Loreto y Coca, hasta el Puerto de Providencia; este tramo tiene 776 km y se recorre en 12 horas.

Desde el Puerto de Providencia, en el Bajo Napo, la ruta continúa por una vía fluvial de 185 km, que se recorre en 12 horas por el río Napo hasta Cabo Pantoja (zona fronteriza entre Ecuador y Perú). Este tramo también requiere obras de dragado y balizamiento. Además posee cinco puntos críticos ubicados en Puerto Providencia, San Roque, Chiro Isla, Nuevo Rocafuerte y San Antonio (Orellana), que requieren obras complementarias. La figura 2.2 indica estos sectores críticos.

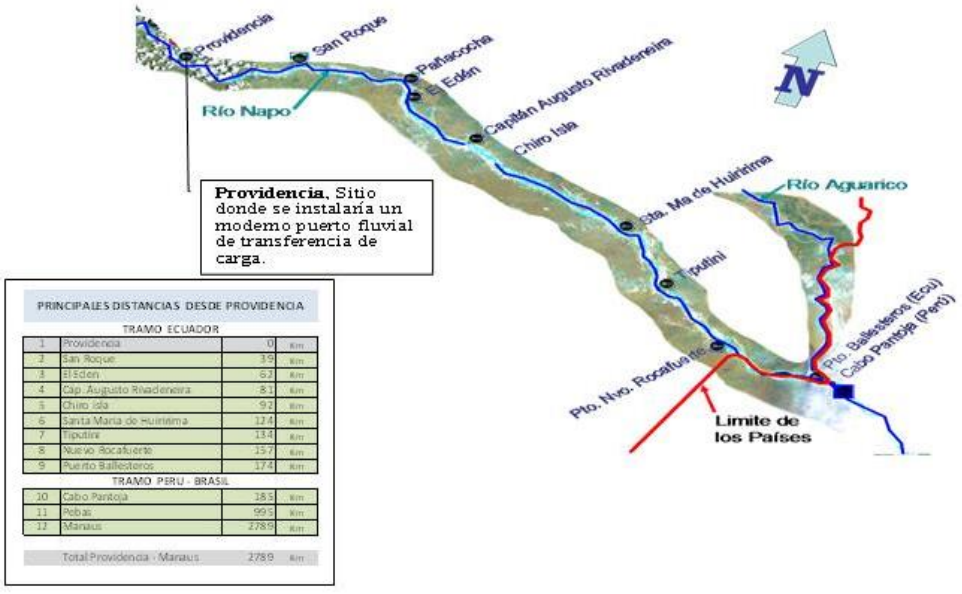


Figura 2.2: Ruta Fluvial del Bajo Napo, Ecuador

De Cabo Pantoja a Puerto de Manaos en el Brasil, son 2 789 km. Aquí, las mercancías seguirán camino al Puerto de Belem, de donde se distribuirán al mercado europeo y africano.

Las condiciones para la navegación dependen, no sólo del nivel del río, sino de muchos factores, tales como la cantidad de árboles y otros residuos que flotan en la superficie, el deseo de viajar de noche o sólo de día, o la familiaridad del piloto con los últimos cambios en el cauce.

Los ríos de la región amazónica son geológicamente jóvenes, continuamente cambian su cauce erosionando sus orillas en algunas partes y formando nuevas playas e islas en otras. El proceso de erosión y sedimentación es altamente complejo. Cualquier cambio en el cauce de un río en un determinado punto, ocasiona otros cambios en el cauce del río a grandes distancias aguas arriba y aguas abajo, dando lugar a una cadena interminable de cambios, haciendo imposible la predicción del futuro comportamiento de un río.

3. Tipos de Naves que trabajan en las Hidrovías

El movimiento de mercaderías en embarcaciones mediante transporte por agua se ha realizado desde el comienzo de los tiempos. Sin duda los primeros que se navegaron fueron los ríos, o sea, navegación fluvial. En la economía del transporte por agua, su importancia se fundamenta en elegir la embarcación mas adecuada para el curso, o en etapa mas avanzadas, adaptar el curso de agua a la embarcación.

El parque fluvial en los ríos podemos dividirlo de las siguientes maneras:

Por su uso: De pasajeros

- De carga
- Mixtas

Naves con propulsión propia:

- Motonave
- Motochata
- Remolcador o Empujador
- Bote motor

Naves sin propulsión:

- Chata y Chata cisterna
- Barcaza y Barcaza cisterna
- Albarenga

Para efectos de la Operación Comercial, se considera como unidad de transporte:

- Motonave : Embarcación con propulsión y bodega
- Motochata: Embarcación con propulsión y bodega
- Comboy: Conformado por un remolcador o empujador con propulsión y una o más unidades sin propulsión.

En las figuras 3.1 ,3.2 y 3.3 se muestran las ventajas que presenta el transporte fluvial y condiciones de velocidad de acuerdo a las necesidades.





Figura 3.1: Barcaza con remolcador en el río Napo – Ecuador AGRINCSA velocidad 7 nudos.

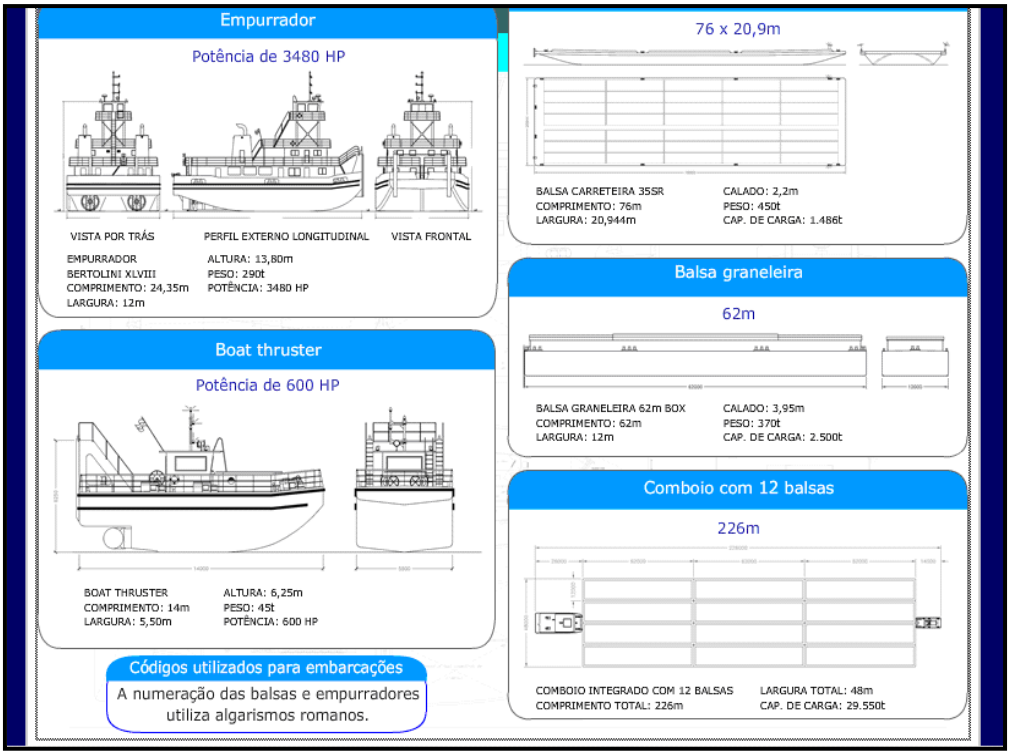


Figura 3.2: Comboy de Barcazas con remolcador en el río Amazonas - Brasil BERTOLINI, Velocidad 10 nudos



Servicio	Carga rápida
Eslora	20.9 m
Manga	5.0 m
Calado (estático)	0.7 m
Construcción	Aluminio
Desplazamiento	30 ton cargado
Velocidad	20 nudos
Propulsión	Water jets Hamilton

Figura 3.3: BARCAZA CON HIDROJET- R. Maldivas, Velocidad 20 nudos

4. Diseños propuestos de acuerdo a requerimientos

Un aspecto importante a considerar es la diferencia de precio de los fletes en los diferentes modos de transporte. El medio más barato de todos despuès del buque de ultramar lo sigue el transporte por barcazas.

Con la ruta de navegación: Providencia Nuevo Rocafuerte integrando Iquitos Manaos, se ha considerado para el diseño de la nave un calado del rìo en las zonas críticas después de dragado de 3 metros.

En la definición del diseño de las barcazas las limitaciones deben ser incluídas. Estas limitaciones consideradas son:

- Capacidades por nave
- Impacto ambiental
- Impacto antropológico
- Autonomía del flete
- Número de unidades
- Tiempo de transporte

En la ruta de navegaciòn se ha conderado los ratios de transporte: mínimo 50 contenedores mes de 20 TEUS y máximo 200 contenedores día de 20 TEUS. Las dimensiones fisicas consideradas de los contenerodres de 20 TEUS son mostradas en la tabla 4.1:

20 Pies Standard 20´ x 8´ x 8´6"	
Tara Carga Max. Max. P. B.	2300 kg / 5070 lb 28180 kg/62130 lb 30480 kg/67200 lb
Medidas Largo: Ancho: Altura:	Internas 5898 mm / 19´4" 2352 mm / 7´9" 2393 mm / 7´10"
Capacidad Cub.	33,2 m3 / 1172 ft3

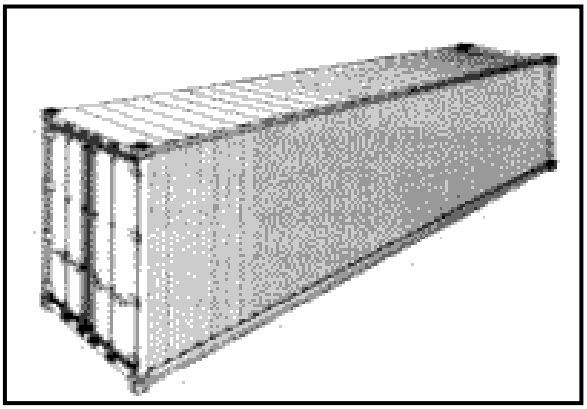


Tabla 4.1: Dimensiones físicas del contenedor 20 TEUS.

El flete a coste está en función de: Recuperación del capital invertido, gasto de explotación económica del buque y el beneficio (oferta y demanda).

El costo estimado por contenedor para la ruta dependerà del costo inicial de la nave, el mantenimiento, y la operación (tripulación, combustible, aceite). En la tabla 4.2 se presenta una comparaciòn entre el flete marìtmo y la proyecciòn fluvial.

RUTA DE TRANSPORTE	TIPO TRANSP.	DISTANCIA Km	TIEMPO días	Velocidad A Favor nudos	TIEMPO días	Velocidad En Contra nudos	Costo Flete $
Manta - Santos	Marítimo	**8100**	**20**	**x**	**20**	**x**	**2346.00**
Manta - Belem	Marítimo	**5660**	**20**	**x**	**20**	**x**	**2050.00**
RUTA DE TRANSPORTE	**TIPO TRANSP.**	**DISTANCIA Km**	**TIEMPO días**	**Velocidad A Favor nudos**	**TIEMPO días**	**Velocidad En Contra nudos**	**Costo Flete $**
Manta - Providencia	Terrestre	776	1.00	x	1.00	x	400.00
Providen. – Nvo. Rocafuerte	Fluvial	157	0.33	14	0.50	10	250.00
Nvo. Rocafuerte - Manaos	Fluvial	2632	4.25	14	5.50	10	850.00
Manaos - Belem	Fluvial	1495	3.75	10	4.67	7	800.00
	Total	**5060**	**9.33**		**11.67**		**2300.00**

Tabla 4.2: Cuadro comparativos entre flete marítimo y fluvial para Contenedores de 20 TEUS.

Ecuación de negocio marítimo depende de la estructura del flete: del tamaño del barco o capacidad de transporte y el tiempo de duración de contrato. Dado que el tipo de contrato de fletamento entre el armador y el fletador (Bare bost, time charter & Spot), que nos es objeto de este trabajo, fueron requeridos dos propuestas de transporte de acuerdo a limitaciones, que son:

- Naves de tipo Hovercraft,
- Naves tipo barcaza autopropulsadas o tipo comboy.

Para el primer caso se presentó el modelo de hovercraft barcaza con las siguientes características.

Hovercraft NM-61/TF

- Transporte fluvial de carga.
- Configurable: Carga a granel, contenedores y/o vehículos.
- Totalmente anfibio.
- Carga útil: 130 Tm. (5 contenedores)
- Otra carga / Tripulación: 5 Tm.
- Velocidad de crucero: 32 mudos
- Combustible: 30.000 litros
- Alcance máx.: 850 Km
- Autonomía máx.: 13 horas
- Altura colchón de aire: 2 metros
- 04 Motores Diesel / Turbinas de vapor
- Sistema de Sustentación tipo “D.A.T.A.”
- Construcción en Aluminio.

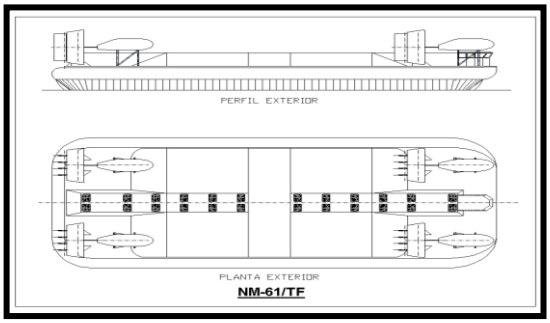


Figura 4.1: Hovercraft NM-61/TF

El precio cada unidad está alrededor de los $22.000.00 fabricado en Ecuador, pero este modelo propuesto no permite transportar más de 5 contenedores por viaje. Adicionalmente el número de unidades para cumplir con los ratios de transporte estarían alrededor de las 10 unidades.

En el caso 2 de diseño propuesto fue considerada las barcazas autopropulsadas como solución al transporte para las limitaciones de la ruta, con sistema de transmisión de montaje externo. Las características del diseño propuesto se detallan como sigue:

Barcaza con Auto Propulsión Azimutal Retráctil

- Transporte fluvial de carga.
- Configurable: Carga a granel, contenedores
- y/o vehículos.
- Eslora: 76.0 m
- Manga: 20.0 m
- Puntal: 3.0 m
- Calado: 2.00 m
- Carga útil: 1650 Tm. (55 Contenedores)
- Otra carga / Tripulación: 5 Tm.
- Velocidad de crucero: 14 nudos
- Combustible: 60 ton
- Alcance máx.: 3000 Km
- Autonomía máx.: 7 días
- 04 Motores Diesel
- Construcción en Acero.

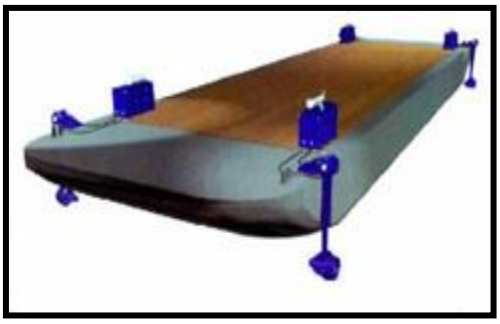


Figura 4.2: Sistemas de propulsión de Thrustmaster de Texas, PDS

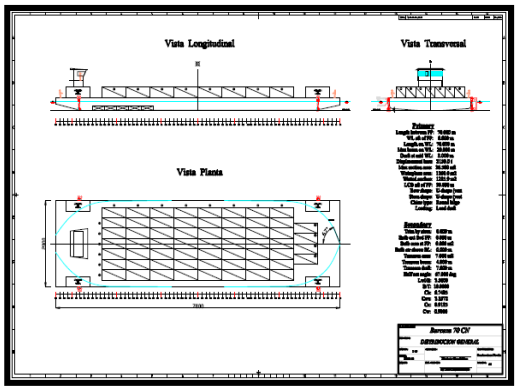


Figura 4.3: Plano de distribución Barcaza con Auto Propulsión Azimutal Retráctil

Las dimensiones geométricas son escogidas en cuanto a eslora y manga de acuerdo a las limitaciones y ratios de transporte de carga, así como del tipo de barcazas tipo Comboy que navegan en la ruta Manaos Belem del río Amazonas por la empresa Bertolini. La diferencia se establece en la autopropulsión azimutal retráctil para evitar la dependencia de uno o varios remolcadores en su traslado así como la protección del sistema de propulsión cuando existen zonas de poco calado y la eficiencia con hélice en agua abierta. El casco se lo ha proyectado para cuatro (4) propulsores azimutales montados en la cubierta sobre el lado en las cuatro esquinas de la embarcación.

En la selección de las formas de la nave se ha considerado los parámetros geométricos que permitan analizar su resistencia y por ende la selección del sistema de propulsión adecuada para el desarrollo de velocidades de alrededor 12 nudos con aguas en calma, (la velocidad de la corriente es de alrededor 2 nudos promedio). Estos parámetros geométricos considerados son:

- Razón L/B, B/T
- Coeficiente block, plano e agua, sección media, volumétrico
- Medio ángulo de entrada de popa
- Número de Froude
- Entre otros

Condiciones Primarias:		**Condiciones Secundarias:**	
Length between PP:	70.000 m		
Length on WL:	70.000 m		
Max beam on WL:	20.000 m		
Draft at mid WL:	2.000 m	Transom area:	7.000 m2
Displacement bare:	2150.0 t	Transom beam:	4.000 m
Max section area:	36.500 m2	Transom draft:	7.000 m
Waterplane area:	1260.0 m2	Half ent angle:	67.000 deg
Wetted surface:	1285.9 m2	Lwl/B:	3.5000
LCB aft of FP:	33.600 m	B/T:	10.0000
Bow shape:	U-shape [vert	Cb:	0.7485
Stern shape:	U-shape [vert	Cws:	3.3572
Chine type:	Round bilge	Cx:	0.9125
Loading:	Load draft	Cw:	0.9000

En el proceso de cálculo ha incluido 04 equipos de propulsión, 02 a cada banda, en donde la hélice considerada es del tipo Kaplan 37 y de 4 palas.

---------- Propulsor data ----------			
Series:	Kaplan 37	Scale corr:	None
Blades:	4	Kt mult: [X]Std	1.000
Exp area ratio:	0.7000	Kq mult: [X]Std	1.000
Diameter:	25.00 in	Blade t/c: [ ]Std	0.000
Pitch:	20.00 in	Roughness: [ ]Std	0.000 mm
Pitch type:	FPP	Cav breakdown: [ ]Apply	

En barcazas pequeñas, la profundidad del casco es por lo general insuficiente para utilizar en el interior del casco sistemas propulsores. Se ha considerado como proveedor del sistema propulsor a Thrustmaster de Texas quienes poseen un sistema portátil de posicionamiento dinámico que consiste en un equipo modular, montado en la cubierta, con propulsores azimutales, unidades de energía hidráulica y un control de consola. Todo el sistema se puede instalar el muelle, toma un mínimo de espacio de cubierta y no requiere

ninguna modificación de buques permanente. El accionamiento hidráulico es especialmente adecuado para poco profundas, las aplicaciones de agua de color marrón, donde los desechos en el agua o fondos poco profundos puede ser un problema.

El accionamiento hidráulico proporciona plenamente proporcional de control de velocidad de la hélice en adelante y atrás mientras que el motor funciona a velocidad constante así como hidráulica el ajuste de la profundidad de la hélice, paneles de control remoto, etc

Los métodos regresionales usados para el cálculo de resistencia y propulsión son *Basic formulation* y el de *University of Denmark,* que corresponden al software de análisis HydroComp, Inc. De acuerdo a estos se escogerá la potencia adecuada para la autoporpulsiòn de cada nave. Los detalles sobre los parámetros y sus limitaciones que incluyen estos métodos son detallados:

Basic formulation

HydroComp, Inc. in-house development, 1992.

Hull: Any displacement hull.

Parameters: Cvol 4.1..11.3 (Lwl / Vol1/3)

Speed range: Fn(Lwl) 0.0..0.4

Methodology: 2-D CR, ITTC-57 CF

University of Denmark method

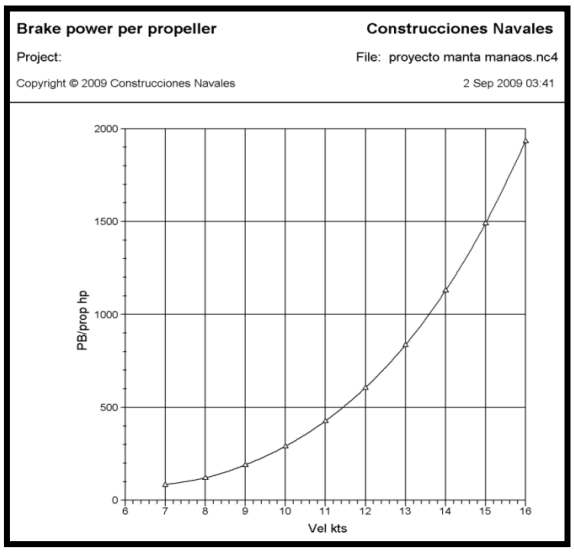
Andersen, P. & Guldhammer, H.E., "A Computer-Oriented Power Prediction Procedure", CADMO, 1986. Harvald, Sv.Aa., "Resistance and Propulsion of Ships", John Wiley & Sons, New York, 1983.

Hull: Single and twin-screw cargo ships

Parameters: Cb(Lwl) 0.55..0.85, Lwl/Bwl 5.0..8.0, Cvol 4.0..6.0 (Lwl / Vol $^{1/3}$)

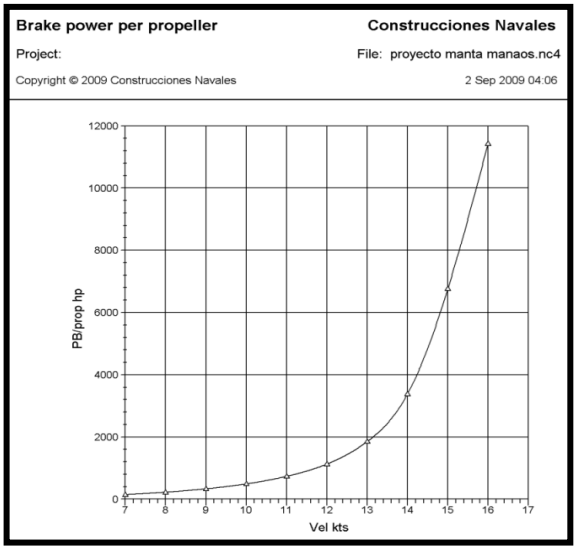
Speed range: Fn(Lwl) 0.05..0.33

Methodology: 2-D CR, ITTC-57 CF, random model tests



4.4 Curva de BHP vs. Velocidad, Basic formulation

Vel kts	PD/prop hp	OPC	PS/prop hp	PStotal hp	PB/prop hp	PBtotal hp
10.00	274	0.3888	280	1119	291	1165
11.00	402	0.3825	410	1641	427	1710
12.00	**571**	**0.3765**	**583**	**2331**	**607**	**2428**
13.00	**788**	**0.3711**	**804**	**3215**	**837**	**3349**
14.00	**1063**	**0.3658**	**1084**	**4337**	**1129**	**4518**



4.4 Curva de BHP vs. Velocidad, University of Denmark

Vel kts	PD/prop hp	OPC	PS/prop hp	PStotal hp	PB/prop hp	PBtotal hp
10.00	459	0.3445	468	1874	488	1952
11.00	**688**	**0.3363**	**702**	**2809**	**732**	**2926**
12.00	**1061**	**0.3244**	**1083**	**4331**	**1128**	**4511**
13.00	**1742**	**0.3067**	**1778**	**7111**	**1852**	**7407**
14.00	**3180**	**0.2808**	**3245**	**12979**	**3380**	**13520**

Con estos resultados obtenidos se estima que la selección de propulsión, deberá estar alrededor de los 4000 BHP para velocidades de alrededor de 12 a 13 nudos, debido a que el método de University of Denmark, considera relaciones L/B entre 5.0 - 8.0. y nuestro modelo posee una relación de L/B 3.5000. A efecto de comparación, las barcazas no autopropulsadas, con dimensiones geométricas similares y formas más llenas, utilizan 01 remolcador cuyas potencia está alrededor de los 3500 HP y una velocidad de 12 nudos. El precio cada unidad está alrededor de los $3.500.00 fabricado en Ecuador, para transportar hasta 60 contenedores por viaje, siendo el número de unidades para cumplir con los ratios de transporte de 04 unidades.

5. Conclusiones

- El eje multimodal Manta - Manaos, por lo tanto es una alternativa al transporte por el Canal de Panamá y se ahorrará 20 días de navegación y con un costo de al menos el 40% en los productos originarios del Asia.
- Siendo el medio más barato de transporte de todos después del buque de ultramar lo sigue el transporte por barcazas, se ha considerado para el diseño de la nave un calado del rìo en las 05 zonas críticas después de dragado de 3 metros.
- El costo estimado por contenedor para la ruta dependerà del costo inicial de la nave, el mantenimiento, y la operación (tripulación, combustible, aceite). Este costo se considera que debería estar alrededor de $185.00/día/ 20 TEUS.
- Las Naves de tipo Hovercraft no permiten transportar más de 5 contenedores por viaje y su costo es muy alto para el modelo de transporte y limitaciones de la ruta.
- Las naves tipo barcaza para las limitaciones de la ruta en el que se incluye el calado, son consideradas con un sistema de Auto Propulsión Azimutal Retráctil, anulando el uso de remolcadores para su operación a 12 nudos.
- Usando los métodos regresionales *Basic formulation* y el de *University of Denmark*, del software HydroComp, Inc, la potencia deberá estar alrededor de los 4000 BHP para velocidades de alrededor de 12 a 13 nudos. Este valor de potencia está dentro de los límites de naves con dimensiones geométricas similares y formas más llenas, utilizando 01 remolcador para su empuje.

6. Referencias Bibliográficas y Tecnológicas

✓ Autoridad Portuaria Nacional del Perú (APN) y la Comisión Interamericana de Puertos (CIP) de la Organización de los Estados Americanos (OEA), seminario internacional desarrollo de puertos fluviales e Hidrovias, Ciudad de Iquitos - Perú, Agosto del 2008

✓ Comisión Especial Interinstitucional del Proyecto del Puerto de Transferencia Internacional de Carga del Ecuador en el Puerto de Manta, PROYECTO EJE MULTIMODAL MANTA – MANAUS, Ecuador 2008

✓ H. Consejo Provincial de Orellana 2008, La ruta Manta Manaos se hará realidad, Noviembre de 2007, Orellana - Ecuador

✓ Métodos regresionales usados para el cálculo de resistencia y propulsión. Disponible en: http://www. HydroComp.com

✓ Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción Dirección General de Transporte Acuático, Transporte Fluvial y Vías Navegables en el Perú,

✓ Soria, Franklin Eduardo, REVISTA ECONOMADA ESPECIALIZADA ENLATINOAMERICA "BIOCEANICO" sobre el EJE MANTA-MANAUS. abril, 2007

✓ Tipos de contenedores. Disponible en: http://www.affaigroup.com

✓ Transporte naviero Manta - Puerto Francisco de Orellana – Manaos. Disponible en: http://www.manabita.com

✓ Transporte Fluvial en Brasil. Disponible en: http://www.TransportesBertoliniLtda.com

✓ Transporte Fluvial en Ecuador. Disponible en: http://www. Agrincsa.com

ARGENTINA

Mario Colpachi
Mónica Fiore
Juan Antonio Alonso
E. Feijóo

BRASIL

Marcelo Neves
Toshi-ichi Tachibana
Carlos Daher Padovezi
Newton Narciso Pereira
Rui Carlos Botter
Hernani Luiz Brinati
Rosa Maria Padroni
Clemente Rendón

CHILE

Patricio Sepúlveda Araos
Peter Roberts Olcay

Marcos Salas Insunza

COLOMBIA

Juan Contreras Montes
Javier Serrano
Jorge Carreño Moreno

CUBA

Osmany Zamora Meralla
González Cobas, José R.
Amado F. Galiano Ortíz

ECUADOR

Marcelo Paredes Tobar

Cristobal Mariscal

ESPAÑA

Luis Pérez Rojas
Luis Carral Couce
José Ángel Fraguela Formoso
Eugenio Muñoz Camacho

PERU

Victor Eleno Obregón Pizarro

José Villagomez
Anwar Julio Yarin Achachagua

MÉXICO
Marvin Gutierrez

URUGUAY
Germán Aguirrezabala
Mario Tedesco
Jorge Freiria
Julio Cóppola
Alejandro Fernandez
Julio Chocca
Yamandú Marín

VENEZUELA
Carmen Cecilia Lobo

APRIMORAMENTO PORTUÁRIO DOS TRAPICHES E ATRACADOUROS DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM

Este trabalho visa a apresentação das características e a análise crítica das atuais condições infra-estruturais dos trapiches e atracadouros da região metropolitana de Belém (RMB), bem como apresentar soluções para os mesmos, baseado em estudos de levantamentos bibliográficos e conceitos adquiridos ao longo da pesquisa. E ao final expor uma concepção de terminal intermodal que supra adequadamente as necessidades dos usuários deste meio.
O estudo se inicia por uma revisão conceitual e, em seguida, tem-se a seleção das áreas de pesquisa e o levantamento de suas características. Após o levantamento, procede-se a análise dos casos, identificando-se os aspectos críticos. Com base na análise, têm-se as proposições de projetos portuários e intervenções nos trapiches e atracadouros pesquisados.

Paulo André Canto Pereira – Graduando em Engenharia Naval com ênfase em hidrovias pela Universidade Federal do Pará. Transcoqueiro, Rua São Francisco, Pass. Estrela Dalva, Casa 11B, Ananindeua-Pará, Brasil, CEP 67120000, canto.paulo@yahoo.com.br; 55 91 88921969

Maisa Sales Gama Tobias – Doutora em Engenharia de Transportes, professora e pesquisadora da Universidade Federal do Pará e da Universidade da Amazônia. Coordenadora da Pesquisa D-Fluvial. Rua dos Timbiras 1771, AP. 700, Belém-Pará, Brasil, CEP 66040470, tapajos@amazon.com.br; 55 91 32245796

1. INTRODUÇÃO

A região amazônica tem sido foco de discussões de grande visibilidade mundial por possuir uma vasta área de floresta, enorme biodiversidade e seu grande potencial hídrico. Por ser naturalmente propensa a navegação situa-se como ponto estratégico para engenharia naval. Dos 40.000 km de vias navegáveis presentes no Brasil, aproximadamente 20.000 km estão na região amazônica.

Belém como a maior metrópole da Amazônia possui um importante papel na região, a cidade desenvolveu-se à margem de rios e através deles estabeleceu sua economia, com a abertura de estradas a cidade direcionou-se as rodovias, inclusive seus investimentos, causando assim uma maior deficiência e clandestinidade dos trapiches já existentes e surgimento de novos pela própria necessidade da população usuária destes. Hoje com realizações de políticas públicas de infra-estrutura que visam o saneamento básico e turismo Belém está novamente investindo em projetos voltados à aquavia, mas sem abandonar sua logística rodoviária. Ressalta-se que a ligação da cidade com o rio nunca foi totalmente cortada, pois esta sobreviveu mesmo que de modo informal por uma necessidade natural de existência.

Através da análise da importância dos atracadouros e trapiches em suas específicas regiões da metrópole e suas localizações geográficas para melhor interligação entre os diversos pontos da região metropolitana de Belém (RMB), selecionou-se os locais a serem pesquisados. Concluída a primeira etapa, foram realizados levantamentos infra-estruturais nas áreas selecionadas, do ponto de vista do acesso (terrestre e fluvial) e a infra-estrutura como um todo. Utilizando os dados obtidos nas fases anteriores, propôs-se projetos de aperfeiçoamento portuário visando uma melhor adequação para a utilização destes locais pelos usuários.

Com base nas descrições discutidas acima, este trabalho tem como objetivo analisar de forma crítica a atual situação dos trapiches e atracadouros de transporte de passageiros na RMB e realizar uma concepção de aprimoramento portuário, levando em consideração as necessidades básicas de atendimento aos usuários dos mesmos, como melhor segurança, dignidade e qualidade de vida.

2. REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM (RMB)

Encontra-se localizada no extremo norte do Brasil, na foz do rio Amazonas, atualmente engloba cinco municípios (Belém,, Ananindeua, Benevides, Marituba e Santa Bárbara do Pará), Possi uma área de 1819,50 km² e 2.130.933 habitantes (Pedro, 2009) dos 7.065.573 habitantes do estado do Pará (IGBE, 2007), seu crescimento acumulado entre 2000 e 2007 foi de13,81% e média de crescimento populacional de1,97% ao ano (Pedro, 2009). Considerado

o centro econômico da região, o município de Belém capital do estado Pará é formado por uma parte continental de formato peninsular e inclui os distritos de Icoaraci, Ilha de Outeiro e Ilha de Mosqueiro, possuindo também uma área insular compostas por 39 ilhas subdivididas entre Ilhas do Extremo Oeste e Ilhas do Sul. Atualmente Belém tem 1.408.847 habitantes, o equivalente a 66, 11 % da população da sua região metropolitana.

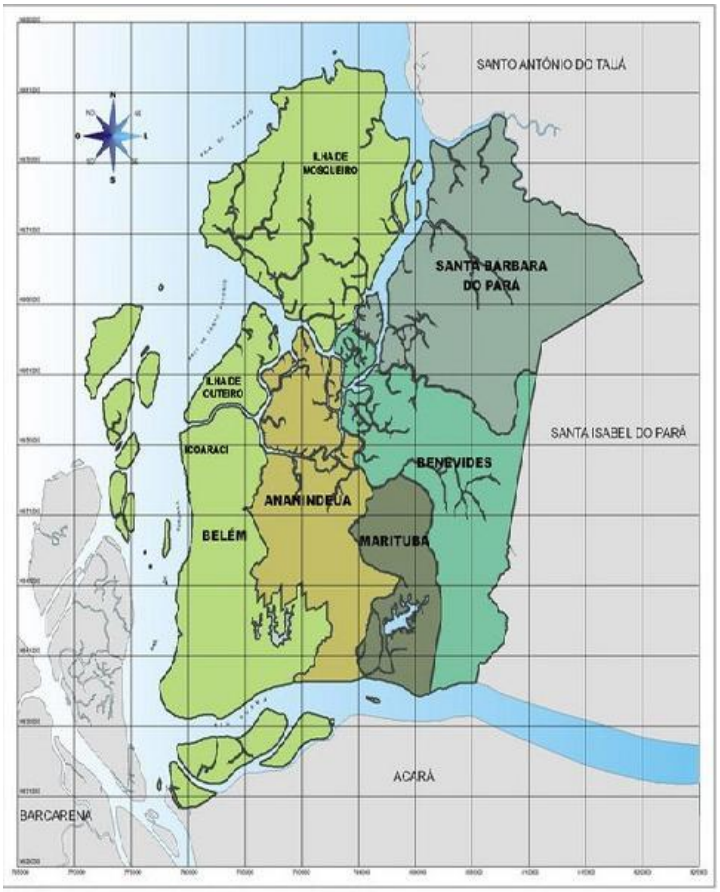


Figura 01: Região Metropolitana de Belém.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão conceitual serviu de grande embasamento para a realização das análises criticas sobre os trapiches e atracadouros da RMB e para a concepção de um terminal intermodal de passageiros. Estão expostos adiante conceitos básicos para melhor compreensão do estudo.

- **Terminal Hidroviário de Passageiros:** tem como função promover maior eficiência nos sistemas de transporte através de uma integração de seus subsistemas e melhor organização do sistema de operação das linhas de transporte (Moraes, 2006).

Ainda segundo Moraes (2006), os terminais têm as seguintes funções descritas:

Operacional:

- Facilidade de embarque e desembarque de passageiros;
- Possibilitar a transferência de um modo ou serviço de transporte para outro;
- Prover estacionamentos ou pátios para garageamento de veículos;
- Oferecer os serviços necessários ao atendimento do usuário;
- Administrar e operar o sistema de transporte no terminal;
- Proporcionar conforto e segurança ao usuário;
- Possibilitar uma circulação adequada de passageiros e veículos;

Localização:

- Servir como ponto de referência ao usuário;
- Dar maior eficiência ao sistema de transporte;
- Possibilitar uma maior acessibilidade ao transporte;
- Aumentar a mobilidade dos indivíduos;
- Atrair maior número de usuários para o transporte.

- **Flutuante:** feito de estrutura de aço semelhante a uma chata ou balsa utilizada para acostagem de embarcações, acompanhado a variação do nível de água (Vianna; Montoril, 2004).
- **Trapiche:** estruturas paralelas ao litoral sem que, no entanto sejam a eles contíguas. São normalmente ligadas por passarelas (Moraes, 2006).
- **Atracadouro:** é um local de atracação de embarcações onde não há nenhuma infra-estrutura de apoio portuário (Vianna; Montoril, 2004).
- **Exigências de localização do terminal:** a seguir serão relacionadas algumas exigências e necessidades de cada uma das partes interessadas no terminal (Moraes, 2006):

Do ponto de vista do usuário:

- Tempo mínimo de espera e/ou de transferência, boa coordenação de horários e pequena distância entre modos;
- Menor distância de circulação dentro do terminal;
- Conveniência (ou comodidade) - serviço adequado de informações, formas adequadas de circulação e capacidade, fácil e seguro embarque e desembarque, e facilidades para os deficientes físicos;
- Projeto arquitetônico agradável e proteção contra as intempéries;
- Segurança e confiança - proteção máxima contra acidentes de tráfego, superfícies e equipamentos seguros, boa visibilidade e iluminação.

Do ponto de vista do operador e empreendedor:

- Custo mínimo de investimento;
- Custo mínimo de operação;
- Capacidade adequada;
- Flexibilidade de operação;
- Capacidade de atrair passageiros.

Do ponto de vista da comunidade:

Estas exigências coincidem com aquelas listadas para o usuário e operador. Porém, a comunidade também está interessada nos efeitos, a curto, médio e longo prazo no entorno ao terminal. Os efeitos imediatos incluem o impacto ambiental, aspectos visuais e as conseqüências no sistema de transporte. Os efeitos de médio e longo prazo incluem as alterações na área de entorno que podem ser estimulados ou desencorajados pela operação do terminal.

- **Projetos governamentais:** como citado anteriormente Belém esta voltando novamente sua atenção para o rio através de projetos governamentais como Portal da Amazônia e Porto da ENASA. O Portal da Amazônia é um projeto de revitalização da orla da cidade que parte do "Mangal das garças" até a Universidade Federal do Pará (UFPA), esse projeto atingirá os Portos da Palha, Açaí, Casa Silva e a Praça Princesa Izabel, que serão substituídos por três terminais hidroviários ao longo do Portal. Já o Porto da ENASA é um projeto de terminal hidroviário de passageiros, no caso, será localizado entre o Ver-o-peso e o Trapiche de Icoaraci, interligando por rio os bairros dessa região com o centro de Belém, bairros estes que possuem de forma dificultosa somente o acesso rodoviário.



Figura 02: Projeto Portal da Amazônia e Porto da ENASA.

4. DAS PESQUISAS *IN-LOCO*

Para analisar as condições infra-estruturais e de serviços dos locais a serem pesquisados foram elaborados os seguintes requisitos mínimos para os mesmos, levando em consideração os estudos de levantamento bibliográfico:

- Acesso ao local por via terrestre;
- Acesso ao local pela aquavia;
- Proteção contra sol e chuva;
- Segurança pública;
- Condições de higiene (Lixeiras, limpeza do local, etc.);
- Assentos para os passageiros;
- Serviços e qualidade dos mesmos prestados pelo terminal (Lanchonete, revistaria, etc.);
- Bebedouros;
- Banheiros públicos;
- Flutuante (este quesito é de grande importância, pela existência de variação de maré na região);
- Adequação do terminal para acessibilidade de portadores de necessidades especiais;
- Estacionamento;
- Informações (guichê de informações, placas de aviso, etc.);
- Segmentação passageiro/carga;
- Bilheteria.

A seguir estão relacionados os locais selecionados para a pesquisa de acordo com sua classificação, levando em consideração os termos citados anteriormente.

- **Trapiches:** Porto Casa Silva, Praça Princesa Izabel, Trapiche da Ilha de Cotijuba, Trapiche de Icoaraci, Trapiche de Mosqueiro e Ver-o-peso.
- **Atracadouros:** Ilhas do Sul, Porto do Açaí e Porto da Palha.

Com base nos itens relacionados anteriormente, foram realizadas as pesquisas *in-loco* nos locais selecionados, além de levantamento fotográfico dos mesmos.

5. LEVANTAMENTO DOS TERMINAIS INTERMODAIS

As pesquisas foram realizadas nos atracadouros e trapiches da RMB, levando em consideração sua importância em suas regiões especificas da metrópole e sua localização geográfica para melhor interligação entre os diversos pontos da grande Belém.

Com base nisso, foram selecionados os seguintes locais:

- **Porto da Palha:** localizado na Avenida Bernardo Saião com a Travessa Padre Eutíquio, tem como principal usuário a população do bairro do Guamá e ribeirinhos das Ilhas do

Sul, normalmente pessoas que vem a cidade a trabalho ou estudo, além de possuir um comércio muito forte de venda de açaí.



Figura 03: Imagens de Satélite da localização e *layout* do Porto da Palha.

- **Praça Princesa Izabel:** localizada na Av. Bernardo Saião com a Av. Alcindo Cacela, é utilizada principalmente por turistas para travessia de restaurantes das Ilhas do Sul.

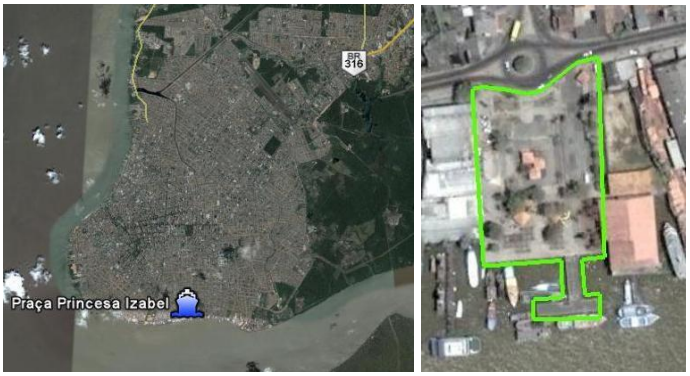


Figura 04: Imagens de Satélite da localização e *layout* da Praça Princesa Izabel.

- **Porto do Açaí:** localizado na Avenida Bernardo Saião com a Avenida Engenheiro Fernando Guilhon, tem em sua atividade muita similaridade com o Porto da Palha com o acréscimo de fazer maior interligação com usuários do Ver-o-peso.



Figura 05: Imagens de Satélite da localização e *layout* do Porto do Açaí.

- **Porto Casa Silva:** localizado ao lado do Porto do Açaí, difere em seus serviços somente por praticamente não haver comércio de açaí e por atender passageiros de outros municípios próximos a capital.



Figura 06: Imagens de Satélite do *layout* do Porto Casa Silva e Porto do Açaí.

- **Ver-o-peso:** localizado na Avenida Portugal, no centro histórico de Belém, tem em sua maior atividade o comercio de pescado, atraindo embarcações não só da RMB, mas de todo o estado.



Figura 07: Imagens de Satélite da localização e *layout* do Ver-o-peso.

- **Trapiche de Icoaraci:** localizado na Rua Siqueira Medes do distrito de Icoaraci, atende principalmente a rota Icoaraci-Cotijuba,cujo seus usuários constituem-se por moradores da Ilha e turista, sendo a maior demanda de passageiros do mesmo.

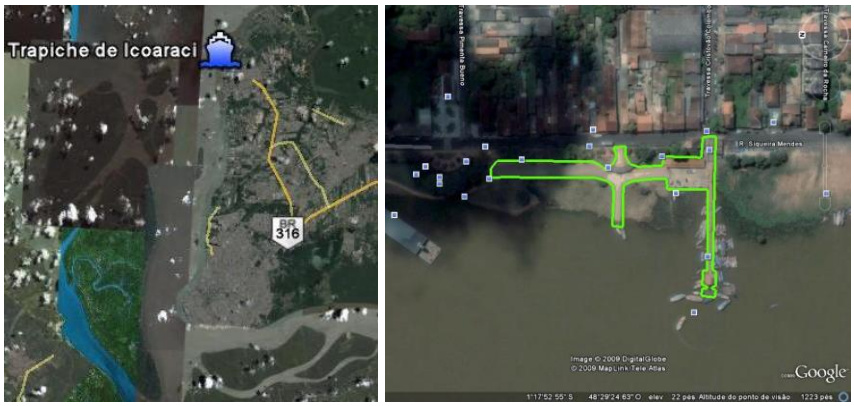


Figura 08: Imagens de Satélite da localização e *layout* do Trapiche de Icoaraci.

- **Trapiche da Ilha de Cotijuba (Ilhas do Extremo Oeste):** localizado ao sul da ilha, é voltado principalmente para o turismo, possui linhas regulares para Icoaraci, mas linhas escassas para o município de Belém.



Figura 09: Mapa, imagem e *Layout* do Trapiche de Cotijuba.

- **Ilhas do Sul:** não possui atracadouro principal, é constituída por população ribeirinha, com casas normalmente distantes e atracadouros próprios. Segundo pesquisa feita como moradores, cogita-se a possibilidade da construção de um terminal na Ilha do Combú, na comunidade de Boa Vista.



Figura 10: Mapa das Ilhas do Sul com a localização da comunidade de Boa Vista.



Figura 11: Mapa e atracadouros das Ilhas do Sul.

- **Trapiche de Mosqueiro:** localizado na Avenida Beira Mar do distrito de Mosqueiro, tem sua infra-estrutura subutilizada, pois praticamente não há linhas que a interligam com outros pontos da RMB, sendo sua principal rota a cidade de Belém e sua maior demanda de base turística.



Figura 12: Mapa da Ilha de Mosqueiro com a localização do trapiche da ilha.

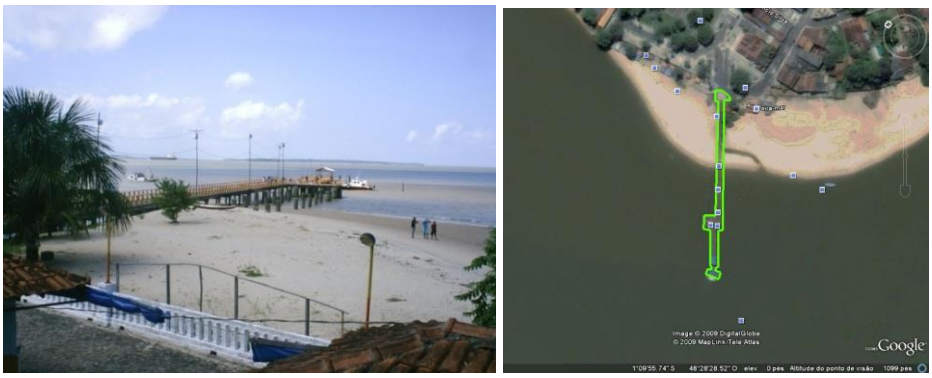


Figura 13: Imagem e *layout* do Trapiche de Mosqueiro.

6. RESULTADOS

Fazendo a análise dos locais e levando-se em consideração os itens elencados para o bom funcionamento de um terminal, obtiveram-se os seguintes resultados:

- **Acesso ao local por via terrestre:** somente os Trapiches de Icoaraci, Cotijuba e Mosqueiro e o Ver-o-peso possuem seu acesso facilitado, como paradas de ônibus e vias para o acesso de automóveis próximas, além de calçadas largas e área de acesso ao local pouco tumultuada e com relativa segurança.



Figura 14: Acessos aos Portos da Palha e Casa Silva.

- **Acesso ao local pela aquavia:** os únicos locais pesquisados que possuem um bom acesso aquaviário foram os Trapiches de Icoaraci, Mosqueiro e Cotijuba e o Porto Casa Silva, os outros locais lidam com o problema da variação de maré de forma menos adequada. A Praça Princesa Izabel e o Porto do Açaí e o Porto da Palha, embora não possuam flutuante para acesso, lidam com a variação de maré com um segundo piso de acesso em um nível abaixo do principal, já o Ver-o-peso possui uma escada que leva o usuário até onde se encontra o nível da maré.

  Além do exposto acima, os atracadouros dos Portos da Palha, e Açaí encontram-se em situação de abandono e segurança, como exposto a seguir.

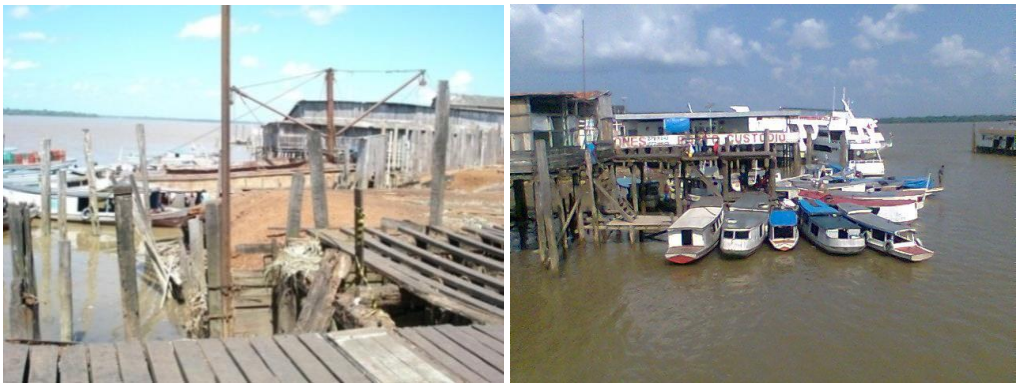


Figura 15: Condições infra-estruturais dos atracadouros dos Portos da Palha e do Açaí.

- **Proteção contra sol e chuva:** em nenhum dos locais foi detectada proteção adequada, embora pontos como Icoaraci, Cotijuba e Mosqueiro possuam proteção no trapiche próximo ao flutuante, e no caso de Icoaraci no flutuante, no entanto, não possuem proteção na passarela que dá acesso ao trapiche e a rampa que interliga o trapiche ao flutuante.
- **Segurança pública:** encontrou-se ronda policial somente nos Trapiches de Icoaraci, Cotijuba, Mosqueiro e na Praça Princesa Izabel, além de um Box da polícia situado no Porto da Palha. Porém encontrou-se relativa segurança somente nos Trapiches de Icoaraci, Cotijuba, Mosqueiro.
- **Condições de higiene (Lixeiras, limpeza do local, etc.):** na questão da presença de lixeiras nos locais pesquisados, foram encontradas lixeiras somente na Praça Princesa Izabel.

  No quesito limpeza do local, observou-se que apenas os Trapiches de Icoaraci, Cotijuba, Mosqueiro e Porto Casa Silva possuem relativa limpeza, ressaltando-se que a Praça Princesa Izabel está em estado de abandono, e que os Portos da Palha e Açaí, além do Ver-o-peso possuem uma higiene muito abaixo do aceitável (Figura 16).



Figura 16: Acumulo de lixo (Porto do Açaí).

- **Assentos para os passageiros:** somente nos Trapiches de Icoaraci e Cotijuba foram encontrados assentos para que os passageiros pudessem esperar as embarcações, mas eram poucos e sem uma ordem de distribuição.
- **Serviços e qualidade dos mesmos (Lanchonete, revistaria, etc.):** a lanchonete está sendo colocada como essencial neste item, pois presta um serviço básico, que é a oferta de alimentação para os usuários.

  Há lanchonetes nos Portos do Açaí e da Palha, bem como nos Trapiches de Icoaraci e Cotijuba, além do Ver-o-peso, porém os serviços prestados são de baixa qualidade, e possuem precária infra-estrutura e higiene
- **Bebedouros:** não foi encontrado em nenhum dos locais pesquisados a presença de bebedouros a disposição dos usuários.
- **Banheiros públicos:** nenhum dos locais pesquisados possui banheiros públicos.
- **Flutuante:** o flutuante foi elencado como um requisito importante pela presença de variação de maré na região, tendo em vista que o mesmo proporciona a manutenção do acesso à embarcação no nível da lamina d'água, oferecendo maior segurança e conforto.

  Nos locais pesquisados, somente os Trapiches de Icoaraci, Cotijuba e Mosqueiro, e o Porto Casa silva possuem flutuante, o que denota a falta de importância e recursos destinada a este item.
- **Adequação do terminal para acessibilidade de portadores de necessidades especiais:** nenhum dos locais pesquisados atende aos requisitos básicos para acessibilidade de portadores de necessidades especiais, referindo-se diretamente a ABNT NBR 15450 (Acessibilidade de passageiros no sistema de transporte aquaviário).
- **Estacionamento:** apenas o Trapiche de Icoaraci possui estacionamento para que os usuários possam deixar seus veículos para seguir viagem, ressaltando que o mesmo é um estacionamento aberto, ou seja, qualquer pessoa que estiver utilizando a via pública como

a orla de Icoaraci pode deixar seu veiculo no estacionamento, sendo o mesmo não exclusivo do trapiche.

- **Informações:** somente nos Trapiches de Icoaraci e Cotijuba foram encontrados placas de informações de preço e horários das viagens para os passageiros, porém as informações não estavam completas e atualizadas.
- **Segmentação passageiro/carga:** em nenhum dos locais pesquisados é feita a devida separação entre passageiro e carga, estes circulam nos mesmos espaços dentro dos trapiches e atracadouros, dificultado assim o transito de pessoas e mercadorias, diminuindo a qualidade de vida e segurança do usuário.
- **Bilheteria:** em três locais existem guichês de venda de passagem, mas somente o do Trapiche de Icoaraci e Cotijuba realmente funcionam de forma a atender os usuários, tendo em vista que a bilheteria da Praça Princesa Izabel encontra-se abandonado e depredado. Ressalta-se que estes guichês em funcionamento são mantidos assim pela Cooperativa de barqueiros de Icoaraci (Cooperbic).

7. CONCEPÇÃO DO TERMINAL

Levando em consideração os estudos de levantamento bibliográfico, os itens elencados para analisar as condições infra-estruturais dos locais pesquisados (item 4-Das pesquisas *in-loco*) e a ABNT – NBR 15450:2006 (Agencia Nacional de Normas Técnicas – Norma Brasileira: Acessibilidade de passageiros no sistema de transporte aquaviário), segue adiante a concepção do terminal hidroviário de passageiros para RMB.



Figura 17: *Layout* do prédio principal do terminal intermodal.

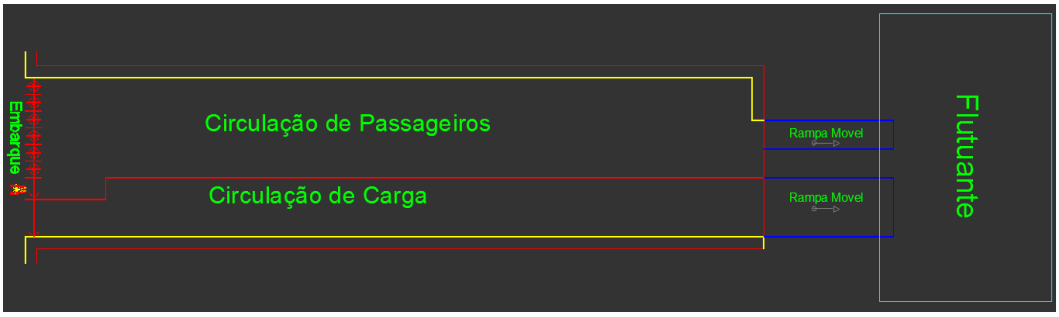


Figura 18: *Layout* do trapiche, da rampa e do flutuante de acesso a embarcação.

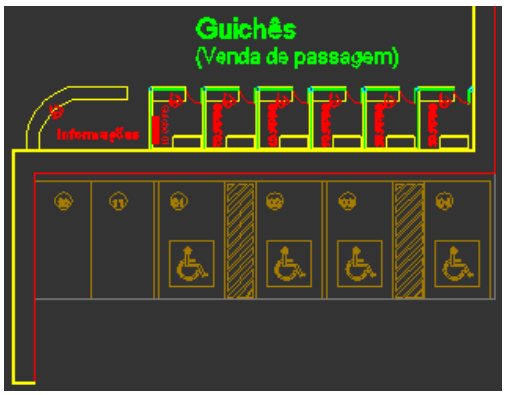


Figura 19: *Layout* dos guichês de venda de passagens, balcão de informações e garagem com vagas para portadores de necessidades especiais (P.N.E.).

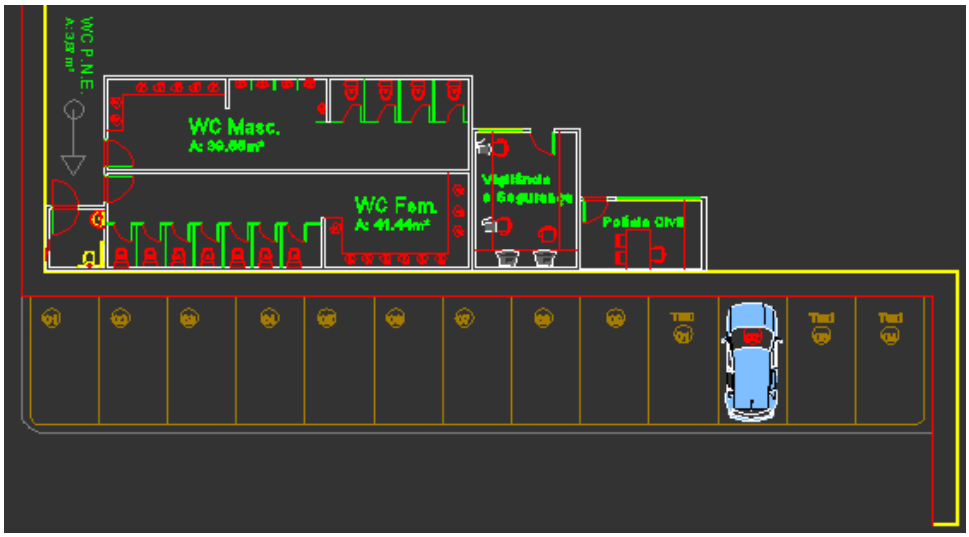


Figura 20: *Layout* dos banheiros (masculino, feminino e para P.N.E.), sala de segurança e vigilância, sala da polícia civil e estacionamento com vagas para táxis.

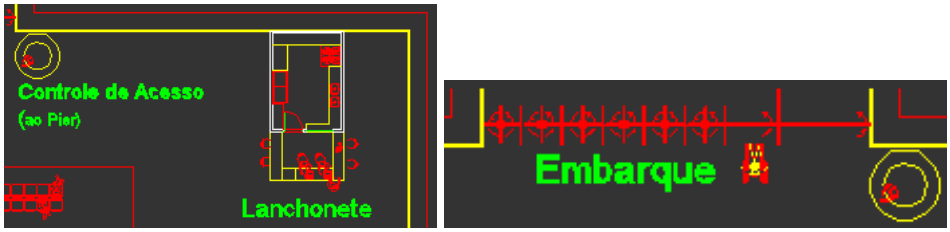


Figura 21: *Layout* do controle de acesso ao píer, da lanchonete e da área de embarque.

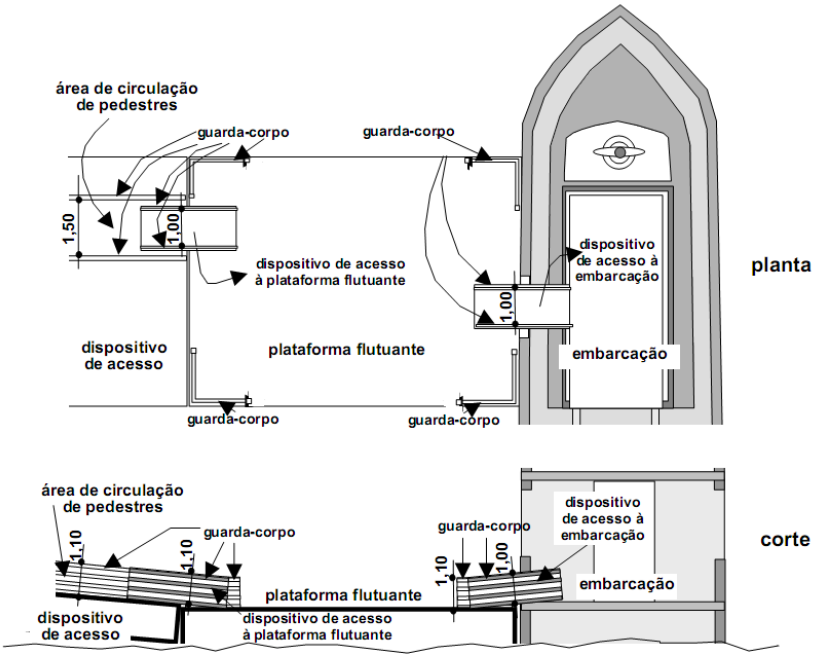


Figura 22: Condições de acessibilidade para P.N.E. (medidas em metros).

8. CONCLUSÃO

Os Trapiches e principalmente os atracadouros da RMB encontram-se defasados, abandonados, sem segurança e infra-estrutura adequada para que possam operar de forma confiável, prestando bom serviço e com isso oferecendo melhor qualidade de vida aos usuários dos mesmos. Este fato ocorre pela falta de assistencialismo público, que continua visível nestes locais, não esquecendo a volta de investimentos governamentais em projetos que visem à melhoria da orla da região, mas que ainda estão em fase de desenvolvimento. Embora os trapiches e atracadouros da RMB estejam nessas condições, não se pode deixar de ressaltar que estes vêm atendendo mesmo que de forma precária as necessidades da população da região metropolitana e do estado do Pará.

Para melhor desenvolvimento dessas áreas assim como de toda a RMB, é de extrema importância a elaboração de projetos que visem à melhor adequação desses locais as necessidades de demanda, através de investimentos em infra-estrutura portuária, partindo de estudos das características de carga e passageiro ao longo da orla da "grande Belém". Desta forma, este trabalho veio a contribuir para com estas análises e além das idéias expostas anteriormente, expõem como alternativa, conceitos para a melhor execução dos serviços prestados pelos terminais hidroviários como: a) bom acesso ao local por via terrestre; b) bom acesso ao local pela aquavia; c) proteção contra sol e chuva; d) condições de higiene (Lixeiras, limpeza do local, etc.); e) assentos de espera para os passageiros; f) tipos e

qualidade dos serviços prestados (lanchonete, revistaria, etc.); g) bebedouros; h) banheiros públicos; i) flutuante j) adequação do terminal para acessibilidade de portadores de necessidades especiais; k) estacionamento; l) informações (guichê de informações, placas de aviso, etc.); m) segmentação passageiro/carga; n) bilheteria; o) segurança pública. De modo geral, constata-se a necessidade de mais pesquisas e execução de projetos que visem à melhoria dos trapiches, atracadouros e de toda a orla da RMB.

9. BIBLIOGRAFIA

ABNT – NBR 15450:2006 (Agencia Nacional de Normas Técnicas – Norma Brasileira: Acessibilidade de passageiros no sistema de transporte aquaviário).

Alfredini, P. **Obras e gestão de portos e costas**, 1ª ed. Edgard Blucher, São Paulo, 2005.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2007- Contagem da População**, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 2007.

Moraes, H. B. **Portos**, Apostila da disciplina Portos, curso de Engenharia Civil, Faculdade Ideal (FACI), Belém, 2006.

Neto, J. L. **A navegação fluvial amazônica na perspectiva da integração regional ao mercado nacional**, Dissertação (Mestrado), Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 1991.

Pedro, N. S. **Estudo de terminal articulado a sistema de transporte intermodal para a região metropolitana de Belém**, Tese (Graduação), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, 2009.

Tobias, M. G. **Custo do transporte e indicadores de mobilidade urbana na região metropolitana de Belém**, Editora da UNAMA (Série Relatórios de Pesquisas), Belém, 2005.

Vianna, J. T.; Montoril, M. G. **Caracterização da movimentação de embarcações nos atracadouros do litoral de Belém**, Tese (Graduação), Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, 2004.

Montevideo, xx de yy de 2009

A quien corresponda.

De nuestra mayor consideración,

Le hacemos llegar la presente nota con el objetivo de poner en vuestro conocimiento la realización de la V edición del Congreso Iberoamericano de Seguridad Informática (CIBSI'09), a desarrollarse en Montevideo en noviembre de 2009.

El CIBSI es una iniciativa de la Red Temática Iberoamericana de Criptografía y Seguridad de la Información *Criptored*, una comunidad virtual que aglutina agrupa a expertos de 200 universidades y más de 275 empresas de las Tecnologías de la Información. El objetivo principal de CIBSI es promover y desarrollar el área de la Seguridad Informática creando para ello un espacio que facilite el intercambio de conocimiento y la formación de redes de colaboración en el ámbito de la investigación. El primer CIBSI se celebró en febrero de 2002 y a partir de 2003 se realiza cada dos años.

El V Congreso Iberoamericano de Seguridad Informática *CIBSI'09* tendrá lugar del 16 al 18 noviembre de 2009 en la ciudad de Montevideo, Uruguay, y constituirá un marco de alto nivel tecnológico donde investigadores y expertos técnicos procedentes de más de una docena de países presentan sus últimos avances de investigación en temas de tanta importancia y actualidad como lo son: la seguridad y protección de redes de computadoras, fortaleza de algoritmos y protocolos criptográficos, técnicas de control de acceso e identificación, gestión y auditoría de la seguridad corporativa, planes de contingencia, recuperación y continuidad de negocio, técnicas de intrusión y forensia, infraestructuras de clave pública, privacidad y protección de datos, legislación, negocio y comercio electrónico, entre otros.
El evento será co-organizado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, Uruguay, y la Universidad Politécnica de Madrid, España.

Buscamos tener una amplia convocatoria??????? ~~¿????~~, por lo cual estamos contactando investigadores de primer nivel mundial para asegurarnos su presencia en el evento. Ya tenemos confirmada las participaciones de los doctores Gilles Barthe (IMDEA Software y MSR-INRIA joint laboratory), Eduardo Giménez (Universidad de la República, Uruguay) y José Luis Piñar Mañas (Universidad CEU San Pablo, España), que dictarán conferencias magistrales. Asimismo, estamos recabando el apoyo de organizaciones representativas de la comunidad académica latinoamericana y también de organismos nacionales y empresas del ámbito de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Este evento es una oportunidad para integrar a la comunidad académica latinoamericana, y permitirá permitiéndo a investigadores, profesionales y estudiantes tomar contacto con investigadores ¿?? Técnicos de primer nivel y presentación de trabajos libres????trabajos de vanguardia en el área de la seguridad informática.

En el año en que comienza a regir en Uruguay la nueva ley de Protección de Datos Personales (Ley 18.331), es nuestro deseo que la realización de un evento académico de alta especialización en seguridad informática como CIBSI contribuya también a reforzar la importancia que esta temática tiene para la sociedad uruguaya, y latinoamericana, en su conjunto.

Se adjuntan a esta cartaAdjuntamos datos relevantes del evento. Por mayor ~~.~~ Información ~~adicional~~ puede dirigirse al se encuentra disponible en el sitio web del congreso: http://www.fing.edu.uy/cibsi09.
.

Sin otro particular, saludamos a Ud. muy atentamente.

Por Organización General de CIBSI'09,

Dr. Jorge Ramió Aguirre
Universidad Politécnica de Madrid

Dr. Gustavo Betarte
Facultad de Ingeniería, Universidad de la República

Firmas scaneadas????

Facultad de Ingeniería, Universidad de la República
J. Herrera y Reissig 565, 11300 Montevideo, Uruguay. Tel: +598-2-7114244 Fax: +598-2-7110469





Organización General

- Gustavo Betarte, Universidad de la República, Uruguay
- Jorge Ramió Aguirre, Universidad Politécnica de Madrid, España

Comité de Programa

- Santiago Martín Acurio Del Pino, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador
- Nicolás C. A. Antezana Abarca, Universidad Católica San Pablo, Perú
- Javier Areitio Bertolín, Universidad de Deusto, España
- Walter Baluja García, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverria, Cuba
- Tomás Barros, NIC Labs, Chile
- Gustavo Betarte, (co-chair) Universidad de la República, Uruguay
- Joan Borrel Viader, Universidad Autónoma de Barcelona, España
- Pino Caballero Gil, Universidad de La Laguna, España
- Jeimy Cano Martínez, Universidad de los Andes, Colombia
- Adriano Mauro Cansian, Universidade Estadual Paulista, Brasil
- Hugo César Coyote Estrada, Instituto Politécnico Nacional, México
- Enrique Daltabuit Godas, Universidad Nacional Autónoma de México, México
- Jorge Dávila Muro, Universidad Politécnica de Madrid, España
- Ángel Martín del Rey, Universidad de Salamanca, España
- Josep Domingo-Ferrer, Universidad Rovira i Virgili, España
- Josep Lluis Ferrer-Gomilla, Universidad de Las Islas Baleares, España
- Amparo Fúster Sabater, Consejo Superior de Investigaciones Científicas CSIC, España
- Luis Javier García Villalba, Universidad Complutense de Madrid, España
- Roberto Gómez Cárdenas, ITESM Monterrey, México
- Juan Pedro Hecht, Universidad de Buenos Aires, Argentina
- Marco Aurelio Henriques, Universidade Estadual de Campinas, Brasil
- Emilio Hernández, Universidad Simón Bolívar, Venezuela
- Leobardo Hernández Audelo, Universidad Nacional Autónoma de México, México
- Luis Hernández Encinas, Consejo Superior de Investigaciones Científicas CSIC, España
- Alejandro Hevia, Universidad de Chile, Chile
- Juan Guillermo Lalinde, Universidad EAFIT, Colombia
- Javier López Muñoz, Universidad de Málaga, España
- Julio César López, Universidade Estadual de Campinas, Brasil
- Vincenzo Mendillo, Universidad Central de Venezuela, Venezuela
- Carlos Mex Perera, ITESM Monterrey, México
- Josep M. Miret Biosca, Universidad de Lleida, España
- Gaspar Modelo Howard, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

- Raúl Monge, Universidad Técnica Federico Santa María, Chile
- Edmundo Monteiro, Universidad de Coimbra, Portugal
- Guillermo Morales Luna, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN, México
- Alberto Peinado Domínguez, Universidad de Málaga, España
- Tamara Rezk, INRIA Sophia Antipolis, Francia
- Arturo Ribagorda Garnacho, (co-chair) Universidad Carlos III de Madrid, España
- Josep Rifà Coma, Universidad Autónoma de Barcelona, España
- Miguel Soriano Ibáñez, Universidad Politécnica de Cataluña, España
- Horacio Tapia Recillas, Universidad Autónoma Metropolitana, México
- Routo Terada, Universidade de São Paulo, Brasil
- Alfredo Viola, Universidad de la República, Uruguay
- Horst von Brand, Universidad Técnica Federico Santa María, Chile

Organización Local

- Alejandro Blanco
- Eduardo Carozo
- Carlos Luna
- Marcelo Rodríguez
- Leonardo Vidal
- Felipe Zipitría

Fechas importantes:

Primer llamado a trabajos	16 de enero de 2009
Limite de recepción de trabajos	15 de abril de 2009
Notificación de aceptación	17 de junio de 2009
Versión final para CD de actas del congreso	31 de julio de 2009
Realización del Congreso	16 al 18 de noviembre de 2009

Formatted: Left
Formatted Table
Formatted: Left
Formatted: Left
Formatted: Left
Formatted: Left

NUESTRAS DATOS????

Facultad de Ingeniería, Universidad de la República
J. Herrera y Reissig 565, 11300 Montevideo, Uruguay. Tel: +598-2-7114244 Fax: +598-2-7110469

Teaching Engineering in the 21st Century

Volker Bertram, Germanischer Lloyd, Hamburg/Germany,
volker.bertram@GL-group.com

The paper discusses expected or desirable changes in teaching engineering, in particular post-graduate training in maritime technologies. Several factors drive the changes: changes in students, changes in technology, changes in expectations from industry and governments. These drive what we need to teach and how we need to teach. A different teaching infrastructure with possibly different providers is expected to evolve. There will be winners and losers in the evolution. The paper discusses both market and technological aspects, highlighting challenges and pitfalls of new technologies like e-learning. The paper argues in favor of pedagogy driven education rather than technology driven education.

1. Introduction

A new method to the 3d flow around a ship on shallow water and in oblique waves is a safe topic for an engineering conference. An estimated three colleagues may be interested to start with. A suitable mixture of complex equations, daunting diagrams and colorful displays will evoke admiration, little interest and no aggression. In comparison, education in engineering is a dangerous topic. All engineers have been exposed to the topic (as students). It is a bit like soccer:

- It used to be better in the past.
- The players (students) today just do not want to work anymore. Shame on them!
- The coaches (professors) are incompetent. We could do a better job.
- It is still great fun to talk about…

Teaching has changed over time. When I studied in Germany in the early 1980s, all professors used blackboard and chalk. Today, a mixture of PowerPoint and blackboard (or whiteboard) prevails. Discussions about future teaching employ terms like “web-based

teaching", "e-learning"[1] or "m-learning"[2]. This comes typically with reorganisation of departments and curricula, introduction of further quality management procedures and reduction of budgets. One must be a politician or university president to understand how this will result in better engineers for our industries. I am neither. But I have spent half my professional life in teaching and the other half in industry. I also have been involved in several workshops and projects on future teaching in maritime technologies (naval architecture, marine engineering, ocean engineering, etc.).



Teaching over time (around 1940, 1975 and 2008)

A lot of the new teaching technology has been driven by mass teaching markets like language teaching. Here the financial incentives are higher due to much higher numbers of students. In addition, there is a traditionally much higher focus on pedagogy and openness to multi-media teaching. Much of what is now discussed for maritime teaching has been tested (with successes and failures) in other fields like language teaching, law, and medicine. Highly specialized engineering (like graduate training in maritime technologies) is different from these fields in required skills, available market size, and other aspects. Some approaches that work for example in English teaching do not work for teaching naval architecture.

Despite changes in students and technologies, there are some constants in our fundamental guidelines to teaching:

- Teachers are expensive, students are cheap. So we need to encourage students to work outside class time.

[1] E-learning describes learning (or teaching) through the use of assorted technologies, mainly Internet or computer-based. Students rarely, if ever, are face-to-face with each other or teachers.

[2] M-learning describes learning through the use of mobile devices, particularly mobile telephones.

- Students should use tools that they are familiar with. For my generation, that meant books. For the new generation of students, this may increasingly mean computers and even hand-held devices (blackberries).
- Communication with peers should be encouraged. This happened too little in my days as a student. Later, team projects for design tasks and independent projects were encouraged. Internet technology allows virtual meeting rooms for students. While popular for "net-working" (gossiping), I am not aware of any real academic benefits in our field. However, traditional team work continues to work well and team communication is then automatically based on internet and mobile phones.
- Modern teaching approaches advocate: Make teaching competitive, make it fun! We shall move from education to edutainment, where students are entertained while learning quasi without noticing it. This is easier in language education than in engineering. Material science was no fun when I studied, still is no fun, and is unlikely to ever be fun. No pain, no gain. If the fun approach does not work, pressure and control is still the next best thing.

2. Changing conditions

The introduction has already mentioned several of the driving factors shaping our teaching: budgets, technology, and politics. The demographic and political changes are fairly universal. They will be discussed in the following subsections.

2.1. Different students

Students these days are not what they used to be. We heard this sentence when we were students from our professors. We hear it today, and it is the same in Japan, France, Germany, or Chile:

- They do not want to study as much as we did
- They cannot even write properly in their mother tongue
- They only want to play with programs; they are not interested in "real" science (i.e. the mathematics involved in fluid or structural analyses)

These are not senile professors ranting who have a selective memory of their past. There are real changes, due to changes in the way of life and upbringing of children. Today's children are exposed to computers before they go to school. *Prensky (2001)* calls them "digital natives": "Today's average college grads [in the USA] have spent less than 5,000 hours of their lives reading, but over 10,000 playing video games […] It is very likely that our students' brains have physically changed […] ." These digital natives are our raw material and they are different from us, with strong points and weaknesses:

- They are used to getting information fast. They google rather than open 20 books in a library.
- They prefer graphics to texts.
- They prefer random access to information (like hypertext links)
- They function best when networked
- They thrive on instant gratification
- They prefer games to serious work.

Does any of this sound familiar? My generation of teachers is called "digital immigrants" by *Prensky (2001)*. We are always one generation behind in the latest technology tools. Digital Immigrants have to teach Digital Natives. We cannot change the raw material we get. Instead, we should work on understanding them better and try to adapt our teaching to them, without sacrificing our goal to teach them what we know (or believe) to be important in their later professional career.

2.2. Changing political frameworks

Several political trends influence the evolution of teaching in our industry:

- There is an increasing demand for life-long training, upgrades on new developments in legislation and technology. This trend is further enforced by the transition from 5-year diploma courses to 4-year bachelor courses in many countries (like Germany and France). Industry engineers looking for continuous training are willing to spend more money, but less time and will favor on-site training rather than on-campus training. The demand for distance learning will increase.
- The transition towards a unified bachelor-master-PhD system in Europe (following the Bologne treaty) intends to reduce thresholds between the various states in making

university degree compatible. This means that students will have more choice in where they can study naval architecture. The winners of the resulting competition between universities are likely to be large Anglophone universities.

- Funding for education is reduced in most countries. There is a trend to "privatize" state universities, cutting their budgets and encouraging them to generate more own income.

2.3. New media

The "new" media invariably involve computer technology, frequently involving remote and/or distributed access to information. Technology develops and new terms come and go. After initial hype and large investments, universities and other higher learning institutes experience frequently a sobering disillusion and disappointment.

An example may illustrate the problems encountered: "Self-access centers" (SAC) are educational facilities designed for student learning that is at least partially, if not fully self-directed. Students have access to a variety of multi-media resources for self-directed learning. The Hong Kong University of Science and Technology promotes SACs as follows: "Self-access learning gives you the opportunity to develop initiative, responsibility, self-awareness, confidence and independence in learning. It is about making choices and having flexibility in learning." This sounds great in theory, but SACs more often than not fail to live up to these expectations, for a variety of reasons:

- It is expensive to set up a good self-access center. Universities like to boast having a self-access center, but do not want to pay much. Token efforts are a waste of money when it comes to SACs.
- SACs are frequently poorly staffed. Some existing teacher or technician gets tasked with running the new multi-media lab. There is no budget for hiring a dedicated expert or even for training the responsible.
- Material gets stolen.
- SACs were set up as a once-off prestige object, often with external once-off funding. There is no budget for maintenance and upgrades. As a result, half the computers do not work.
- Students have no time or are not motivated to use them, at least not for studying.

3. Challenges and Trends

The requirements for future engineering teaching involve some changes in university infrastructure and teacher profiles:

- More teaching will have to be based on e-learning and short courses (duration 1 to 3 days) to supply industry demand for life-long training.
- Teachers will continue with some traditional tasks (selection or creation of appropriate teaching material for learners, monitoring of results, evaluation of learners), even if based on different media.
- "Edutainment" will require more frequent changes of media and topics than traditional teaching.

New media may or may not offer better ways of teaching, but we should not accept a technology-driven pedagogy. Pedagogy comes first. First we must decide what to teach, and then we can decide how to teach it. The appendix lists some goals compiled during a workshop on future ship designers. The elementary learning techniques to teach these goals are (largely) media independent and migrate naturally into web-based teaching:

	Traditional	e-learning
watching	blackboard	PowerPoint imbedded videos
reading	Books Lecture notes	Books Internet texts
doing	Exercises Assigned homework/projects Laboratory work	Exercises (web-based) Assigned homework/projects Virtual lab visits
testing/evaluating	In class	On-line Homework submission

Here the pedagogy remains largely the same. The change is gradual and there is better acceptance among the traditional teaching body. In principle, all traditional elements in our curricula could migrate to digital form, except for traditional laboratories and visits to

industry sites. The vast majority of the colleagues in my generation defend traditional laboratory time. Personally, I find it expensive and ineffective in teaching. If you really want to learn experimental techniques, make an internship or project in a professional testing facility. If you just want some hands-on feeling on some physical behavior (e.g. lift on a wing in a wind tunnel) then a virtual (numerical) lab could serve a similar purpose. So, in principle, migration to e-learning should be feasible. Then, why don't we see widespread e-learning activities in our industry and why fall most efforts short of their targets?

There are many factors contributing to the slow transition in our field:

- Often, there is no or only insufficient budget for the conversion to electronic teaching.
- Our best teachers are often not computer literate and the computer gurus lack competence in the subject matter and often also in pedagogy for engineers.
- E-learning is frequently not desirable:
  - You have no feedback from the students (do they understand the material?)
  - E-learning requires self-discipline and maturity, frequently not found in our average high-school graduate;
  - E-learning requires more technological skills from teachers and students; frequently the teacher poses more problems

Some web-based techniques to support teaching are found in most universities. At Ensieta (www.ensieta.fr), we employed Moodle (http://en.wikipedia.org/wiki/Moodle) as platform for the teaching of naval architects and offshore engineers. Students can access teaching schedules, lecture notes, assignments, and even grades via this platform. The project was moderately successful. The "download" center was readily accepted. Moodle also made it easier to integrate special students that spend part time in industry (in other cities) and followed part time courses at Ensieta.

In Germany, four universities offering naval architecture and ocean engineering at graduate level and the research group "instructional design and interactive media" joined forces within the multi-million project mar-ing to develop e-learning infrastructure and material, *Bronsart and Müsebeck (2007).* Some years later, the video conference facilities are used for occasional lectures by visiting lecturers from industry or academia. Each university continues to use the

developed material, but no mention of core lectures being offered in distance learning could be found.

We should not be surprised. The same mechanisms have prevented a text book culture in our field:

- The enormous effort to develop and update material for specialized topics cannot be recuperated.
- Professors like to use their own material, because some topics are not covered in a book, or not explained in a way the professor likes.

We will therefore not see a rapid e-learning development as e.g. in English teaching. Still, the demand (and pressure) is there to develop e-learning courses. This will be easier for those that have already all material in English and have larger shared resources, e.g. university centers counseling on e-learning.

5. Conclusions

Content is more important than transmission. Flashy e-learning portals do not substitute qualified teachers. But e-learning is particularly interesting for commodity subjects (English, business administration, mathematics, etc for engineers) and needs to be pursued for life-long learning. The business is likely to go to larger universities in the Anglo-Saxon domain and may lead to further decline in small naval architecture faculties around the world.

Disclaimer and Acknowledgements

These views were personal views, based on discussions with colleagues, workshops on the theme, literature studies and discussions with peers and some personal thoughts. They are not official views of Germanischer Lloyd or the University of Stellenbosch, where I teach. Tracy Plowman of GL Academy has been very helpful in opening my eyes to new teaching technologies and guiding me in my literature studies on e-learning.

References

BRONSART, R.; MÜSEBECK, P. (2007), *E-learning for higher education in naval architecture and ocean engineering*, 6th Int. Conf. Computer and IT Applications in the Maritime Industries (COMPIT), pp.488-495
http://www.ssi.tu-harburg.de/doc/webseiten_dokumente/compit/dokumente/compit2007_cortona.pdf

PRENSKY, M. (2001), *Digital natives, digital immigrants*, On the Horizon, MCB University Press, Vol. 9 No. 5
http://www.marcprensky.com/writing/

RUSLING, S. (2005), *Teaching future warship designers*, Summary Report of the ONR/ONR Global International Workshop held at UCL, University College London, s_rusling@meng.ucl.ac.uk

Appendix: Requirements for Naval Architects

The following is based on an ONR workshop on Future Warship Designers, *Rusling (2005)*. In discussion between (mostly US American) representatives of industry and academia, the following items were listed as guidelines for future curricula for naval architecture:

- Good base in naval architecture / engineering principles
    - strength analyses, structural design and production
    - hydrostatics / stability and ship design (rules, layout, estimation methods)
    - hydrodynamics
    - marine engineering
- Computer literate
    - CAD proficiency seen as main gap
    - Level of competence (hours spent with specific software) should be recorded
    - Naval architecture is increasingly applied computer science and less mechanical engineering
- Hands-on experience
    - as worker and as engineer
    - at sea / at shipyard
- more specialized knowledge 7 more mathematics at post-grad level
- soft skills
    - ability to study independently
    - creative with feel for viability of solutions
    - enthusiastic
    - team capability
- management skills
    - project management
    - communication
    - basic legal frameworks for contract / work laws
    - motivation
- engineering English
    - vocabulary (incl. mathematical expressions)
    - technical / scientific communication in English

ANALISIS DE BAJANTES EN PUERTO QUEQUEN

Mónica Fiore[1,3], Enrique D'Onofrio[1,2], Fabio Herrero[4], Mónica Stadelmann[1] y María M. Sobre-Casas[1]
(1) Servicio de Hidrografía Naval
(2) Instituto de Geodesia y Geofísica Aplicadas– FIUBA
(3) Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos – FCEN –UBA
(4) Consorcio Gestión Puerto Quequén

RESUMEN

Puerto Quequén ubicado en la desembocadura del río Quequén Grande a 38° 32' 05''S, 58° 42'00''W sobre el Atlántico Sur, posee un tráfico anual de aproximadamente 290 buques y constituye una importante puerta de egreso de cereales y oleaginosas. Por sus características es unos de los puertos nacionales en el que más rápido pueden ingresar o salir buques de más de 200 m de eslora. El canal de acceso posee una solera de 120 m de ancho y una profundidad de 46 pies en la zona exterior no protegida. Dada las características de Puerto Quequén, no se observan dificultades para el ingreso de buques, sin embargo para el egreso es necesario en numerosas oportunidades operar teniendo en cuenta el estado de la marea, pues aumenta el calado de los buques debido a la carga que transportan. Puerto Quequén posee un régimen de marea mixto preponderantemente semidiurno con una amplitud astronómica máxima de 1.86 m. La bajamar astronómica más baja en 19 años pasa a 0.98 m por debajo del nivel medio, mientras que la .pleamar astronómica más alta en 19 años es 2.10 m. La marea astronómica se ve afectada significativamente por el efecto meteorológico, produciendo alturas que difieren de aquellas predichas en las Tablas de Marea. A la diferencia entre la marea observada y la predicha se la denomina onda de tormenta. En este trabajo se calculan las ondas de tormenta negativas, causantes de las más grandes bajantes, para lo cual se analizan registros horarios de marea observada durante el período 1979 – 2007. Con los resultados obtenidos se efectúa un análisis estadístico de frecuencia, intensidad y duración de las mismas en forma mensual y estacional, para establecer cual es la época del año más favorable para la operación del puerto. Se realizan estudios de permanencia mensuales y diarios de las alturas de marea con la finalidad de analizar los egresos de buques que necesiten un calado mayor o igual a 38 pies. Finalmente se calculan los períodos de retorno para 10, 20 50 y 100 años para los valores extremos más bajos de marea observados.

INTRODUCCION

Puerto Quequén, considerado entre los principales puertos marítimos de la argentina esta ubicado a 38° 32’ 05’’S, 58° 42’00’’W sobre el Océano Atlántico en la desembocadura del río Quequen Grande. Este puerto localizado en el Sudeste de la Provincia de Buenos Aires, cuenta dentro de su área de influencia con la zona cerealera más rica de la pampa húmeda. Luego es una importante vía de salida para las exportaciones cerealeras y sus subproductos. Durante el año 2008, las exportaciones en Puerto Quequén alcanzaron las 3.885.210 toneladas correspondiendo a granos, 3.202.924 toneladas, subproductos 424.796 toneladas y aceites 257.490 toneladas (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, www.sagpya.mecon.gov.ar).

Por sus características es unos de los puertos nacionales en el que más rápido pueden ingresar o salir buques de más de 200 m de eslora. El canal de acceso posee una solera de 120 m de ancho y una profundidad 46 pies en la zona exterior no protegida. El antepuerto, lugar en el cual se realizan las maniobras de giro de buques posee una profundidad de 40 pies (Consorcio de gestión Puerto Quequén, www.puertoquequen.com).

Dada las características naturales de Puerto Quequén, la mayoría de los buques entrantes no presentan dificultades al momento de su ingreso, sin embargo su egreso puede verse afectado por el aumento del calado debido a su carga. En estos casos el conocimiento anticipado del nivel del agua permite planificar una maniobra con un margen de seguridad mayor. Un factor que aumenta o disminuye la profundidad de acceso es el nivel de marea que en algunos casos puede llegar a ser crítico.

Puerto Quequén posee un régimen de marea mixto preponderantemente semidiurno con una amplitud de marea astronómica media de 1.03 m y una máxima de 1.85 m (SHN, 2009). La marea astronómica o predicha se ve afectada por la acción meteorológica que hace que esta altura difiera ya sea incrementando su valor o disminuyéndolo hasta más de 1m. A esta anomalía del nivel del agua se la conoce como onda de tormenta. Las más importantes, por lo general, ocurren en regiones relativamente poco profundas, cuando el viento sopla durante varios días y sobre superficies extensas (Balay, 1961; Pugh, 1996). Por ejemplo D’onofrio et al. (2008) muestran que el 10 de Noviembre de 2002 el Puerto de Buenos Aires fue afectado por la acción de fuertes vientos de sector Oeste con ráfagas de 80 km/h que produjeron una bajamar (-2.66 m por debajo del Cero del Riachuelo) que

ocasionó la varadura de numerosos barcos y la falta de agua potable a 7 barrios de la Ciudad.

Si bien Puerto Quequén es una zona de características geomorfológicos diferentes a la del Río de la Plata y posee una profundidad mayor, la acción meteorológica también lo afecta tanto con la generación de ondas de tormenta como de olas. Lanfredi *et al*. (1992) determinaron que la altura media de ola en Puerto Quequén es de 1.33 m, mientras que la altura máxima de ola es 3.61 m con periodos variando entre 7 y 10 segundos. Actualmente existen dos causas por las cuales el puerto cierra, la altura de ola y los fuertes vientos. Aunque se han registrado los egresos de buques de 220 m de eslora con sus bodegas totalmente cargadas zarpando con calados de alrededor de 42 pies con buen tiempo y en pleamar, es de gran utilidad para la operativa del Puerto contar con un estudio estadístico de marea ya que podría contribuir a la operatoria rápida del puerto y por lo tanto a una estadía media menor.

En este trabajo se calculan la bajamar astronómica más baja (Lowest Astronomical Tide, LAT) y la pleamar astronómica más alta (Highets Astronomical Tide, HAT), dos parámetros relevantes para el diseño de la infraestructura de puertos como ser amarras, grúas, cableados, etc. El LAT es utilizado en muchos casos como el nivel de reducción de sondajes ya que elimina los valores negativos de las Tablas de Marea. El HAT es utilizado como el Datum para espacios verticales, es decir se emplea para calcular la altura máxima que puede alcanzar la parte más alta de un buque exclusivamente afectado por marea astronómica. También es considerado en el planeamiento costero como el lugar más bajo para la línea de costa o ribera (Schnack et al., 2007).

Por otra parte utilizando como información de base alturas horarias registradas en el mareógrafo de Puerto Quequén (Figura 1) para el periodo 1979 - 2006 con algunas interrupciones, se realiza un análisis estadístico de frecuencia, intensidad y duración de las ondas de tormenta negativas en forma mensual y estacional, para establecer la época más favorable del año para la operación del puerto. Se realizan estudios de permanencias mensuales y diarias de las alturas de marea que podrán ser utilizados para analizar los egresos de buques que necesiten un calado mayor o igual a 38 pies. Finalmente se calculan los períodos de retorno para 10, 20, 50 y 100 años para los valores extremos más bajos del nivel del agua observados. Estos resultados son indispensables al momento de planificar obras de infraestructura dentro del puerto.



Figura 1. Puerto Quequén. (www.nuestromar.org/puertos)

MAREA ASTRONOMICA

La marea se define como la oscilación periódica del nivel del mar que resulta de la atracción gravitacional de la Luna y el Sol que actúa sobre la Tierra en rotación. Esta definición corresponde a lo que se conoce como "marea astronómica o predicha". Su carácter determinístico permite su predicción y la confección de Tablas de Marea (predicciones de pleamares y bajamares). El conocimiento de la marea astronómica es de fundamental importancia para la seguridad en la navegación, para la confección de cartas náuticas y la planificación del manejo de recursos y actividades costeras.

Para calcular el LAT y HAT, se realiza una predicción armónica de marea para un período de 19 años, representativo de los mayores ciclos de la marea (Pugh, 1996), y se determinan la menor y la mayor altura respectivamente. En este trabajo se utiliza la siguiente ecuación de predicción (Shureman, 1988):

$$h(t)=S_0+\sum_{i=1}^{n} f_i \times H_i \times \cos\left(\sigma_i \times t+(V_0+u)_i-g_i\right)$$

donde :

h(t): altura de marea astronómica al tiempo t

S_o: nivel medio del mar referido al cero de marea

n: número de componentes

f_i: factor nodal de la componente i

H_i: amplitud de la componente i

σ_i: velocidad angular de la componente i

t: tiempo medido desde el instante elegido para calcular el argumento de equilibrio

$(V_o+u)_i$: argumento de equilibrio de la componente i

g_i: época modificada de la componente i teniendo en cuenta el huso horario

Las constantes armónicas (H_i y g_i) utilizadas se obtienen de la base de datos empleada para realizar las predicciones de marea presentadas en la Publicación H-610 Tablas de Marea, del Servicio de Hidrografía Naval. Al igual que en toda la costa argentina, la componente más sigificativa es la semidiurna lunar principal M2 cuya amplitud es 0.48 m siguiéndole en importancia la componente lunisolar declinacional diurna K1 con una amplitud de 0.16 m. El factor nodal, las velocidades angulares y argumentos de equilibrio se calculan siguiendo la metodología establecida por Schureman (1988), teniendo en cuenta las sugerencias de Cartwright (1985) con respecto a las nuevas escalas de tiempo. El LAT obtenido pasa a 0.98 m por debajo del nivel medio y coincide con el plano de reducción de la carta argentina H-253 mientras que el valor obtenido para el HAT es 2.10 m referido al mismo cero.

ANALISIS DE LAS ONDAS DE TORMENTA

Las ondas de tormenta son las modificaciones del nivel del agua producidas por cambios bruscos de presión atmosférica y efecto de arrastre del viento, que alteran a la marea astronómica. Su duración puede variar desde algunas horas hasta 2 ó 3 días produciendo, en ocasiones, alturas que difieren en más de un metro con las de la marea astronómica. Difícilmente dos ondas de tormenta sean exactamente iguales ya que pequeñas variaciones en los patrones climáticos pueden producir respuestas bastante diferentes en una masa de agua, en especial en sitios donde exista una tendencia a oscilaciones o resonancias propias del lugar (Pugh, 1996). La mayoría de los trabajos realizados para la costa de la provincia de Buenos Aires están abocados al estudio de las ondas de tormenta positivas (Fiore et al., 2001, D'Onofrio et al., 2003, Escobar et al., 2004, Nabel et al., 2004), probablemente porque son la principal causa de las inundaciones y la erosión costera. Sin embargo, las ondas de tormenta negativas, dan origen a las bajantes que en numerosas ocasiones tienen un impacto significativo en la navegación o como en el caso del Puerto de Buenos Aires que afecta también el normal abastecimiento de agua potable.

En este trabajo se analizan las ondas de tormenta negativas, las que se obtienen como la diferencia entre las alturas horarias observadas y sus correspondientes alturas astronómicas o predichas. Las alturas horarias provienen de la base de datos de la Sección Mareas del

Servicio de Hidrografía Naval y fueron registradas en el mareógrafo de Puerto Quequén durante el período 1979 – 2006. Lamentablemente por fallas en el equipo de medición no se contó con datos para los años 1986 y 1987. Las predicciones fueron realizadas al igual que para el cálculo del LAT y el HAT utilizando la base de constantes armónicas empleada para realizar las predicciones de marea presentadas en la Publicación H-610 Tablas de Marea, del Servicio de Hidrografía Naval.

Para seleccionar las principales ondas de tormenta negativas se decidió considerar los eventos caracterizados por una duración mayor de 6 h, donde en ningún caso la altura de la onda de tormenta sea mayor a -30 cm y donde la altura máxima alcanzada resulte menor o igual a -90 cm. Este último valor fue elegido porque con una altura de marea astronómica próxima al nivel medio del agua (98 cm), afectada por una onda de tormenta de -90 cm, sería inferior a los 10 cm, ocasionando dificultades en la navegación. La Figura 2 muestra la mayor onda de tormenta negativa (-176 cm, 3/6/2004 18:00 h) registrada en Puerto Quequén durante el período 1979 – 2006. La altura de marea observada para ese instante fue de 2 cm. La carta sinóptica (campo de presión a nivel del mar, 3-5 Junio, 2004) obtenida de los reanálisis del National Centre for Environmental Prediction con una resolución horizontal de 2.5º NCEP/NCAR se muestra en la Figura 3. Se observa un centro de alta presión a la entrada del Río de la Plata indicando la presencia de vientos del Nor-Noroeste que empujan el agua hacia la plataforma continental a la altura de Puerto Quequén. En esta oportunidad se registraron en Mar del Plata vientos de 23 km/h a partir del medio día, llegando a 57 km/h a la altura de Bahía Blanca. Cabe destacar que la menor altura observada podría haber sido mucho más baja si hubiera ocurrido durante una bajamar y no en una pleamar como en este caso.

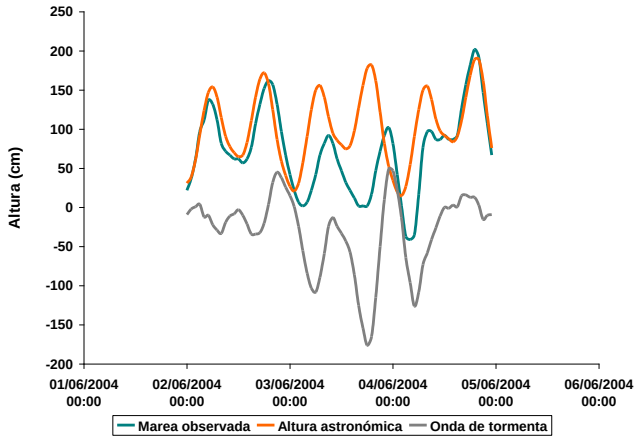


Figura 2. Evento de onda de tormenta ocurrido en Junio de 2004

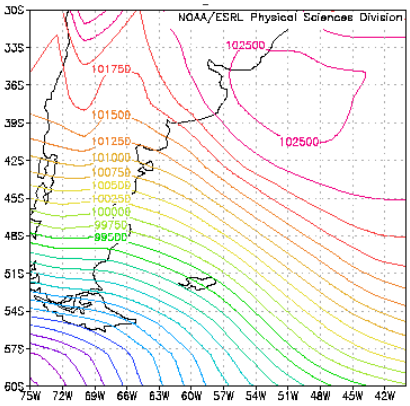


Figura 3. Campo de presión a nivel del mar, 3-5 Junio, 2004. Contornos en Pascales. Fuente: NCEP/NCAR (www.cdc.noaa.gov)

Durante el período considerado se registraron 82 eventos de ondas de tormenta negativas menores o iguales a -90 cm. La Figura 4 muestra la frecuencia de ocurrencia en forma mensual y estacional de las ondas de tormenta negativas para el período 1979 -2006.

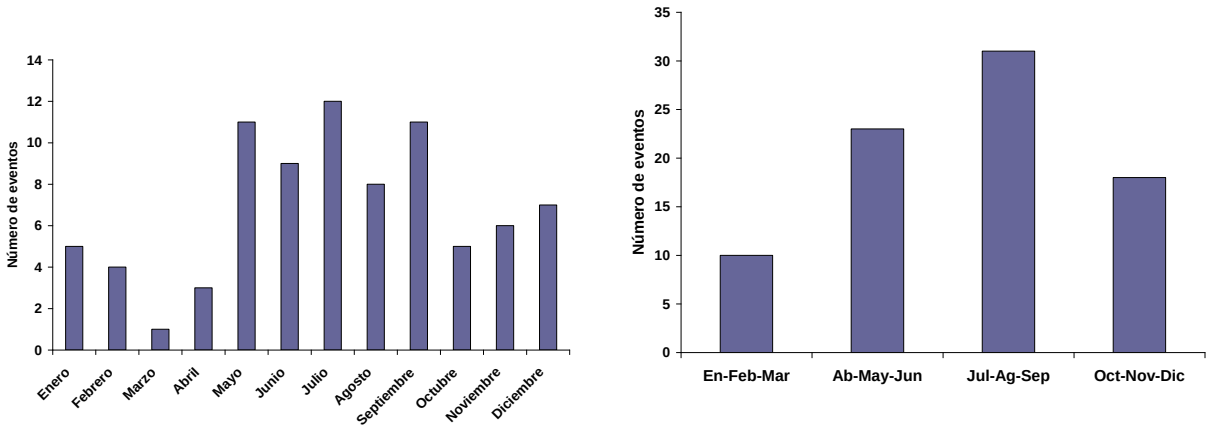


Figura 4. Frecuencia mensual y estacional de las ondas de tormenta negativas.

Los trimestres más afectados por las ondas de tormenta negativas corresponden al otoño y al invierno, es decir que será la época del año en la que la actividad portuaria se verá más perjudicada por las condiciones meteorológicas. Las Figuras 5 y 6 muestran la duración media y la altura media de la onda de tormenta en forma mensual respectivamente. Marzo es el mes en que las ondas de tormenta negativas tienen mayor duración (68 h), sin embargo las mayores intensidades se observan en los meses de Mayo y Junio con alturas de -118 cm y -120 cm respectivamente. Al efectuar el análisis estacional (Tabla 1) se observa que el trimestre en el cual las ondas de tormenta negativas tienen menor duración es el correspondiente a los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre, y las menores alturas medias se registran en otoño.

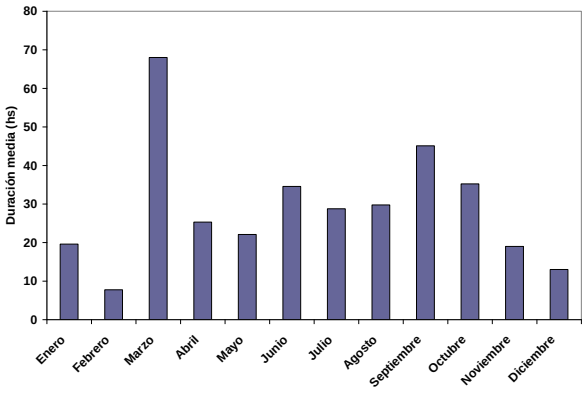


Figura 5. Duración media de la onda de tormenta negativa para el período 1979-2006

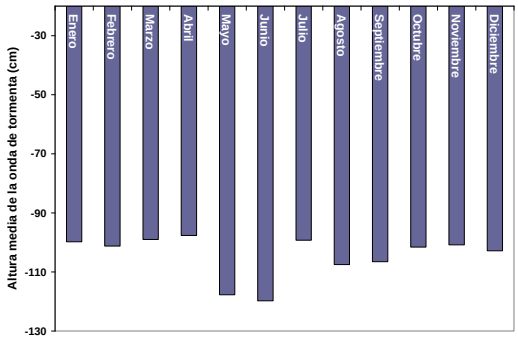


Figura 6. Altura media de la onda de tormenta negativa para el período 1979-2006

Trimestre	Duración media (h)	Altura media (cm)
Enero – Febrero – Marzo	32	-100
Abril – Mayo – Junio	27	-112
Julio – Agosto – Septiembre	35	-104
Octubre – Noviembre - Diciembre	22	-102

Tabla 1. Duración media e intensidad de las ondas de tormenta

ANALISIS DE BAJANTES

Se realizan estudios de permanencia mensuales y diarios de las alturas de marea observadas con la finalidad de analizar los egresos de buques de gran porte que necesiten de la marea. Para estimar los niveles de permanencia de las alturas horarias de marea observada en los distintos meses del año se realizan histogramas de frecuencias porcentuales con las 12 series de alturas horarias correspondientes cada una a la unión de archivos del mismo mes calendario, para todo el período considerado (1979 – 2006). La Tabla 2 brinda la estimación de los niveles de permanencia de las alturas horarias observadas para cada mes del año.

Intervalo	**Mese**											

(cm)	s											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-100 a -80	-----	-----	-----	-----	-----	0.01	-----	-----	-----	-----	-----	-----
-80 a -60	-----	-----	-----	-----	-----	0.02	0.02	0.01	-----	-----	-----	-----
-60 a -40	-----	-----	-----	-----	0.03	0.08	0.13	0.02	0.08	0.02	0.01	-----
-40 a -20	0.01	0.02	0.03	0.03	0.13	0.35	0.37	0.31	0.34	0.10	0.06	0.04
-20 a 0	0.31	0.23	0.26	0.25	0.53	0.93	1.34	1.31	1.41	0.62	0.44	0.53
0 a 20	1.76	1.77	1.74	1.80	2.71	2.50	3.32	3.12	4.05	2.85	2.35	2.09
20 a 40	5.50	5.67	5.36	5.25	6.33	5.92	6.89	7.65	8.02	7.39	6.81	6.08
40 a 60	10.45	11.08	10.42	10.23	10.55	9.49	10.99	12.38	13.17	12.82	11.70	11.11
60 a 80	13.98	14.20	14.64	14.24	13.99	13.17	13.31	14.69	15.60	15.62	14.89	14.54
80 a 100	14.57	14.17	14.57	13.76	14.52	14.33	14.38	14.71	13.96	14.47	14.94	15.37
100 a 120	15.26	14.52	14.45	14.68	15.22	14.51	14.44	14.47	13.37	14.65	14.72	15.16
120 a 140	13.46	13.04	12.72	13.20	12.73	12.61	11.77	11.59	11.79	12.17	12.78	13.17
140 a 160	10.54	10.63	11.18	11.21	10.23	10.84	9.28	8.71	8.63	9.58	10.03	10.47
160 a 180	7.74	7.91	7.88	7.84	7.12	7.42	6.56	5.80	5.47	5.94	6.75	6.76
180 a 200	3.98	4.04	3.91	3.88	3.74	4.02	3.81	3.20	2.52	2.38	3.00	3.09
200 a 220	1.66	1.70	1.76	2.20	1.47	2.24	2.09	1.38	1.08	0.91	1.09	1.16
220 a 240	0.64	0.69	0.82	0.82	0.56	1.03	0.83	0.43	0.39	0.37	0.37	0.33
240 a 260	0.11	0.23	0.20	0.26	0.09	0.34	0.29	0.15	0.07	0.05	0.04	0.07
260 a 280	0.02	0.07	0.02	0.23	0.03	0.14	0.14	0.07	0.04	0.02	0.01	0.03
280 a 300	0.01	0.02	0.02	0.09	0.02	0.05	0.06	0.01	0.01	0.02	-----	-----
300 a 320	-----	0.01	-----	0.03	-----	0.01	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Tabla 2. Porcentaje de horas en que la altura horaria está comprendida dentro del rango señalado en la primera columna (la línea roja separa los intervalos positivos de los negativos)

La Tabla 3 brinda la permanencia diaria de la altura del agua por encima de los 30 cm para el período 1979 - 2006. Puede observarse que alturas entre 30 cm y 150 cm serán alcanzadas durante varias horas del día para todo el período analizado, comprendidas en el rango 23 h a 4 h. A partir de 180 cm la permanencia es menor reduciéndose a medida que este nivel aumenta. Se observa también que alturas por encima de los 270 cm no son frecuentes habiendo años completos en los que no se llegan a registrar.

Años	Horas del día en que el nivel está por encima de:									
	30cm	**60cm**	**90cm**	**120cm**	**150cm**	**180cm**	**210cm**	**240cm**	**270cm**	**300cm**
1979	22.5	18.8	13.4	8.3	4.3	3.0	1.7	1.2	3.0	1.0
1980	22.6	19.0	13.8	8.9	4.9	2.8	2.4	2.1	1.0	----
1981	22.6	18.9	13.4	8.2	4.0	2.0	1.5	0.4	----	----
1982	22.5	19.0	13.9	8.7	4.5	2.3	1.7	0.9	0.3	----
1983	22.2	18.4	13.0	8.0	4.0	2.1	1.9	0.6	----	----
1984	22.6	19.5	14.7	9.8	5.3	3.0	1.9	0.9	----	----
1985	22.8	20.4	15.8	10.7	6.1	3.4	1.6	0.7	----	----
1988	22.3	18.8	14.0	8.7	4.7	2.7	1.7	2.4	1.3	----

1989	22.5	18.5	13.1	7.8	4.0	1.9	1.9	1.7	3.5	1.0
1990	22.4	18.5	13.5	8.4	4.5	2.4	1.9	1.2	----	----
1991	23.0	18.3	12.9	7.9	4.3	2.3	2.3	1.4	0.3	----
1992	22.1	18.2	13.0	8.0	4.1	2.0	1.8	1.6	----	----
1993	22.2	18.4	13.0	8.0	4.0	2.1	1.9	0.6	----	----
1994	22.9	19.4	14.2	9.2	5.0	2.7	2.3	2.2	1.3	----
1995	23.1	19.9	14.9	9.8	5.6	3.0	2.4	2.2	1.4	----
1996	23.0	19.8	14.5	9.1	4.8	2.5	1.5	2.1	5.0	----
1997	23.0	20.0	15.0	10.1	5.6	2.9	2.1	2.1	2.4	2.0
1998	22.9	19.5	13.9	8.5	4.5	2.1	1.7	1.2	1.0	----
1999	22.4	18.5	13.0	8.0	4.3	2.4	1.4	1.5	0.7	----
2000	22.5	18.5	13.0	7.8	4.0	2.2	1.5	0.8	0.5	----
2001	21.6	17.0	11.3	6.5	3.4	2.0	1.3	0.4	----	----
2002	22.6	19.0	13.6	8.4	4.5	2.2	1.6	0.7	1.0	----
2003	22.8	19.6	14.9	9.8	5.7	3.1	2.3	1.5	1.3	----
2004	22.4	18.9	13.9	8.5	4.8	2.4	2.1	1.4	1.3	----
2005	22.7	19.5	14.8	9.4	5.1	2.5	1.8	0.6	----	----
2006	22.1	18.6	13.6	8.4	4.6	2.5	1.9	0.8	2.0	----

Tabla 3.Horas del día en que la altura del agua está por encima de diferentes niveles

BAJANTES EXTREMAS. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE MÁXIMA ANUAL

La Figura 7 muestra los valores extremos más bajos anuales en función del tiempo para el período 1953-2006 que serán utilizados para estimar niveles para distintos períodos de retorno. Durante este período debido a fallas en el mareógrafo no se contó con datos para los años 1960, 1986 y 1987 por lo que estos años fueron completados con datos correspondientes a la estación mareográfica Mar del Plata siguiendo el procedimiento indicado por D'Onofrio et al., (1999). Todas las alturas están referidas al plano de reducción que pasa a 0.98 m por debajo del nivel medio. La bajamar más baja (-1.28 m) se registró en Agosto de 1959.

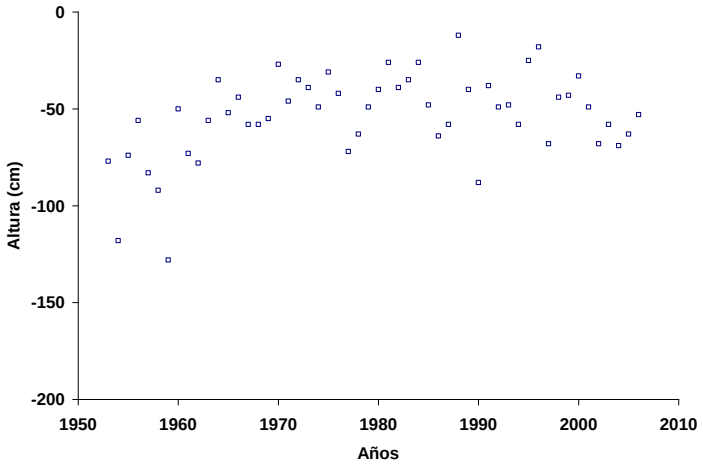


Figura 7. Bajamares más bajas anuales

Se utiliza el Método de Máxima Anual (MMA) que analizan al valor extremo como una única observación de características aleatorias. Este es un método clásico que ha sido utilizado por diversos autores como por ejemplo Lennon (1963), Suthons (1963), Graff (1981), D'Onofrio (2003). Normalmente se considera que la aplicación de este método es valida si la serie tiene un mínimo de 25 años (Pugh, 1996). La serie de bajamares más bajas anuales tiene una tendencia lineal de 0.52 ± 0.17 cm/año para el período 1953 – 2006. Previo a la aplicación del mencionado método, se elimina la tendencia presente en la serie siguiendo la metodología sugerida por (Graff, 1981). Partiendo de la distribución de valores extremos, propuesta por Jenkinson (1955), conocida como Generalized Extreme Value Distribution (GEV), se tiene:

$$F(x)= e^{-\left[1-k\frac{x-u}{a}\right]^{1/k}}$$

donde k, u y a son parámetros que deben ser determinados. Los tres casos limitantes son: para k = 0, le corresponde la distribución Gumbel (o Fisher y Tippet Tipo I), para k < 0 le corresponde Fisher y Tppet Tipo II y para k > 0 Fisher y Tippet Tipo III. El mejor ajuste obtenido por el método de maxima verosimilitud (k=0.086), para el conjunto de datos utilizados indica que Fisher-Tippet Type I es la distribución más adecuada. El error estándar para un nivel de confianza del 95% se obtiene aplicando el método de los momentos presentado por Kite (1978). La Tabla 3 presenta las alturas extremas mínimas esperadas para períodos de retorno de 10, 20, 50 y 100 años, con sus correspondientes errores estándar.

PERIODO DE RETORNO (años)	ALTURA MINIMA (m)	ERROR ESTANDAR (m)
10	**-0.70**	**0.07**
20	**-0.82**	**0.07**
50	**-0.99**	**0.07**
100	**-1.10**	**0.08**

Tabla 3. Altura mínima para diferentes períodos de retorno

DISCUSION Y CONCLUSIONES

El análisis realizado muestra que las ondas de tormenta negativas tienen mayor frecuencia de ocurrencia en los trimestres correspondientes a otoño e invierno. Marzo es el mes en el que se presenta la mayor duración (68 h), sin embargo las mayores intensidades se observan en los meses de Mayo y Junio con alturas de -118 cm y -120 cm respectivamente. Del análisis estacional se desprende que los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre registran las ondas de tormenta negativas con menor duración media, mientras que las mayores intensidades medias se observan en otoño.

Si bien la marea astronómica y las ondas de tormenta responden a fenómenos físicos distintos como ser la atracción gravitatoria lunisolar y el efecto del viento respectivamente, es útil examinar el efecto conjunto de ambas. De este análisis surge que en todos los meses del año se observan alturas negativas que llegan a los -40 cm, observándose valores menores sólo en el período Mayo – Noviembre. Si bien la ocurrencia de alturas negativas es baja las mayores frecuencias se presentan en los meses de Julio, Agosto y Septiembre. Al analizar la permanencia diaria, es decir el número de horas promedio por año en que el nivel del agua supera una dada cota, se observa que niveles que varían desde los 30 cm hasta los 150 cm se registran durante más de tres horas por día. A partir de este valor la permanencia disminuye llegando a tener años en los que nunca se alcanza la altura de 270 cm.

Finalmente con el objeto de brindar una herramienta útil al momento de planificar obras de infraestructura dentro del puerto, se determinaron los períodos de retorno para las alturas más bajas anuales. Se detectó una tendencia positiva de las mismas (0.52 ± 0.17 cm/año) posiblemente debida al incremento del nivel del mar y a variaciones en los patrones meteorológicos. Pugh and Maul (1999), D'Onofrio et al. (2003) encontraron tendencias positivas del nivel medio del mar para la costa Argentina. Para Puerto Quequén, Lanfredi et al., (1998) obtuvieron una tendencia positiva de 0.16 ± 0.01 cm/año para el período 1918 – 1981. Esto indicaría que las alturas más bajas tenderán a ser cada vez menos bajas debido a que hay mayor nivel de agua. Por otra parte podría también desprenderse de este análisis que las ondas de tormenta positivas, las cuales no han sido estudiadas en este trabajo, también son afectadas por el ascenso del nivel medio. Debido a esto deben tenerse en cuenta en el momento de diseño y planificación de obras portuarias, ya que sirven de plataforma a las olas que pueden causar severos daños en las playas y construcciones costeras.

REFERENCIAS

Balay, M. A., 1961. El Río de la Plata entre la atmósfera y el mar. Servicio de Hidrografía Naval, Armada Argentina, H-621, 166p.

Cartwright, D. E.,1985. Tidal prediction and modern time scales. Int. Hydrog. Rev. Mónaco, LXII (1). January 1985, 127-138.

D'Onofrio E.E., Fiore M.E. and Pousa J.L., 2008. Changes in the regime of storm surges in Buenos Aires, Argentina. Journal of Coastal Research 24,1A, 260-265.

D'Onofrio E.E., Fiore M.M.E. 2003. Estimación de niveles extremos en el Puerto de Buenos Aires contemplando el ascenso del nivel medio. V Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar. Mar del Plata, Argentina. Diciembre 2003. Poster.

D'Onofrio E., Fiore M., Mayer F., Perdomo R. y Ramos R., 1999. La referencia vertical. Capítulo 6 del libro Contribuciones a la geodesia en la Argentina de fines del siglo XX. Publicado por la Universidad Nacional de Rosario. 99-128 p.

Escobar G., Vargas W., and Bischoff S. 2004. Wind Tides in the Rio de la Plata Estuary: Meteorological Conditions. International Journal of Climatology 24: 1159-1169.

Fiore M.M.E., D'Onofrio E.E., Di Biase F.A.V., and Stadelmann M.A., 2001. Statistical analysis of storm surges in Buenos Aires. 2001 Join Assemblies of the International Association for the Physical Sciences of the Oceans and International Association for Biological Oceanography. Mar del Plata, Argentina, October 2001. Poster.

Graff, J., 1981. An investigation of the frequency distributions of annual sea level maxima at ports around Great Britain. Estuarie, Coastal and Shelf Science, 18, 389-449.

Kite, G.W., 1978. Frequency and risk analyses in hydrology. Water Resources Publications. 224pp.

Lanfredi, N.W., Pousa, J.L., and D'Onofrio, E.E., 1998. Sea-level rise and related potential hazards on the Argentine coast. Journal of Coastal Research 14(1), 47-60.

Lanfredi, N.W., Pousa J.L., Mazio C.A. y Dragani W.C., 1992. Wave-power potential along the coast of the province of Buenos Aires. Argentina. Energy 17 (11): 997-1006

Lennon, G.W., 1963. A frequency investigation of abnormally high tidal levels at certain west ports. Proc. Instn. Civ. Engrs., 25, 451-484.

Nabel P.E., Caretti M.. 2004: Anegamiento en la Ciudad de Buenos Aires. Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat n.s. 6(2): 209-225

Pugh, D.T. and Maul, G.A., 1999. Coastal Ocean Prediction. Coastal and Estuarine Studies, 56, 377-404.

Pugh, D.T., 1996. Tides, surges and mean sea - level. John Wiley & Sons Ltd. 472pp.

Schureman, P., 1988. Manual of harmonic analysis and prediction of tides. U.S. Govt.Printing Office, Whashinton, 317 pp. (1st. edition 1924; reprinted 1940, 1958, 1976, 1988).

Schnack, E.J., Fucks E:E, D'Onofrio E.E. y Baldelló G, 2007. Criterios geomorfológicos para la determinación de la línea de ribera en el litoral Atlántico de la Provincia de Buenos Aires. Informe Comisión de Investigaciones Científicas – Autoridad del Agua. Provincia de Buenos Aires, 35p

Servicio de Hidrografía Naval, 2009. Tablas de Marea. Servicio de Hidrografía Naval, Armada Argentina, H-610. 643 pág.

Suthons, C.T., 1963. Frequency of occurrence of obnormally high sea levels on the east and south coasts of England. Proc. Instn. Civ. Engrs. 25, 443-449.

Uma abordagem sobre água de lastro

Newton Narciso Pereira, Hernani Luiz Brinati, Rui Carlos Botter[1]

e-mail: newton.pereira@usp.br

1 – Departamento de Engenharia Naval e Oceânica - EPUSP

1- INTRODUÇÃO

A expansão das fronteiras do comércio internacional criou a necessidade de desenvolver o transporte marítimo. Navios são empregados para o transporte dos mais variados tipos de cargas, respondendo por aproximadamente 80% do transporte mundial de cargas. Muitos destes navios são utilizados em viagens oceânica em diversas rotas, sendo que algumas condições navegam em um sentido completa ou parcialmente carregados e na viagem de retorno nem sempre dispõem de cargas de retorno. Nestas condições o navio deve respeitar alguns requisitos operacionais que contemplam as seguintes questões: calado, estabilidade, tensões estruturais, condições de manobras (imersão do hélice e do leme) e segurança da embarcação. Para garantir que o navio atenda estes critérios um dos procedimentos utilizados é lastrear o navio.

O lastro tem por objetivo aumentar ou diminuir o calado do navio durante a navegação para garantir sua segurança. os tanques são preenchidos com água para aumentar ou diminuir o calado dos navios durante as operações portuárias. O lastro é importante para facilitar a manobrabilidade e estabilidade dos navios durante a navegação quando estão descarregados. Além disso, o lastro é necessário para garantir o balanço do esforço estrutural no casco quando a carga é removida, controlar o trim e submergir o casco suficientemente para que o leme e o hélice operem eficientemente. Em geral, um navio pode receber ou descarregar a água do lastro em diversos portos internacionais em uma só viagem. Por exemplo, um navio pode partir da China com água nos tanques atracar no Japão e captar mais água de lastro neste local e atracar novamente no porto de Santos e despejar a água dos porões do navio em águas brasileiras.

Assim, os tanques podem conter uma mistura de águas de diferentes locais no lastro. Empresas marítimas internacionais estimam que aproximadamente 65.000 navios transoceânicos estejam operando atualmente, isto significa dizer que transportam aproximadamente 5 bilhões de m^3 de

água de lastro por ano e que 3.000 espécies podem ser transportadas num dia na água de lastro de navios (LEAL NETO, 2007).

Em função da problemática que a água de lastro tem trazido para os países, pretende-se com este estudo apresentar o estado-da-arte no que se refere às iniciativas legais tomadas em âmbito nacional e internacional para combater o problema, bem como, os impactos causados e as alternativas de tratamento de água de lastro que estão sendo propostas. Cabe frisar que o presente trabalho faz parte do levantamento bibliográfico que o autor está desenvolvendo para compor uma tese de doutorado no assunto em questão, em que pretende-se avaliar a possibilidade de tratar a água de lastro nos portos através de estações em terra e sistemas móveis de coleta de água de lastro "barcaças e/ou navios).

2- AÇÕES INTERNACIONAIS

Ações para controlar as espécies invasoras estão sendo desenvolvidas por nações individualmente sob os auspícios da Organização Marítima Internacional. A IMO tem dado importância para as implicações das introduções de espécies exóticas e organismos aquáticos oriundos de água de lastro há três décadas. Em 1973, durante a conferência internacional de poluição marítima foi aprovada a Resolução 18 de *Pesquisa dos Efeitos da Descarga de Água de Lastro contendo Bactérias Epidêmicas* que passou para a IMO, a responsabilidade de elaborar medidas de controle, chamando a atenção mundial para o transporte de espécies patogênicas em torno do mundo nos tanques de lastros dos navios. O primeiro esforço mundial efetivo de controlar a dispersão de espécies alienígenas ocorreu em 1982, com a Convenção das Nações Unidas que resultou na Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar UNCLOS. Em 1990, o Comitê de Proteção Ambiente Marinho (MEPC) formou um grupo de trabalho para considerar pesquisas, informações e soluções propostas por Estados Membros da IMO e por Organizações Não Governamentais. Em 2000, a IMO lançou o programa Globallast com objetivo de avaliar a qualidade da água de lastro de 6 portos distribuídos no mundo, sendo Sepetiba - Brasil, Dalian – China, Bombaim – Índia, Ilha Kharg – Irã, Saldanha - África do Sul e Odessa – Ucrânia. Finalmente, em 2004, em Londres, foi lançada após 14 anos de complexas negociações entre a IMO, países membros, armadores e ONG's dando origem a *Convenção Internacional para Controle e Gerenciamento de Água de Lastro de Navios e Sedimentos* – CALS, que estabelece

principalmente, que os navios devem realizar a troca da água de lastro, a pelo menos, 200 milhas da costa e 200 m de profundidade (PEREIRA e BRINATI, 2008).

2.1 – Estados Unidos

Após a descoberta do mexilhão zebra nos Estados Unidos, em 1986, o país intensificou seus esforços para combater as espécies invasoras. Em 1990, foi adotado o *The Nonindigenous Aquatic Nuisance Prevention and Control Act* (NANPCA), com um conjunto de diretrizes voluntárias para o gerenciamento da água de lastro nos navios que entrassem nos Grandes Lagos vindo das U.S. EEZ (*Exclusive Economic Zone*). Estes requisitos tornaram-se obrigatórios em 1993; foi estabelecido que navios que não obedecessem aos requisitos impostos pela Guarda Costeira Americana pagariam multas que variavam de US$ 250.000,00 (individual) até US$ 500.000,00 por dia, podendo ainda cumprir 12 anos de prisão (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA, 2008).

2.2 – Nova Zelândia

Atualmente, a legislação vigente no país é a *Import Healt Stander for Ships Ballast Water from All Countries – IHSSBWAC* de 1998. Ela estabelece todos os procedimentos operacionais e legais que os navios estão sujeitos para adentrar nas águas da Nova Zelândia. Antes de um navio chegar ao porto, deve-se enviar ao *Ministério da Agricultura e Serviço de Quarentena de Silvicultura* uma solicitação de entrada junto com um formulário sobre as condições de lastro. Todos os navios que desejarem despejar lastro no país devem preencher e enviar o formulário "*Ballast Water Report Form*" completo, indicando o conteúdo dos tanques de lastros antes da descarga ocorrer. O custo da inspeção do navio, das análises e da espera dos resultados é de responsabilidade do armador. Este padrão é aplicado somente para águas que serão descartadas na Nova Zelândia. Penalidades são aplicadas para navios que forneçam informações incorretas: 12 meses de prisão e ou 50,000NZ$ para o comandante ou 100,000NZ$ para a companhia de navegação.

2.3 - Brasil

A primeira regulamentação nacional especifica para lidar com a questão da água de lastro, denominada como NORMAM 20, entrou vigor em 15 de outubro de 2005. A regulação

estabelece que todos os navios devem realizar a troca oceânica antes de entrar em um porto brasileiro, seguindo os mesmos parâmetros estabelecidos pela CALS.

A NORMAM 20 foi criada para tentar coibir problemas de gerenciamento da água de lastro, conforme exposto por Leal Neto (2007). O estudo do autor apresentou os principais problemas encontrados num levantamento realizado nos formulários entregue à Marinha do Brasil no período de 2001 a 2002 (maio) sendo: "*grande parte dos formulários foi preenchida incompleta e ou incorretamente; diferentes tipos de formulários, diferentes unidades utilizadas (algumas vezes falta de informação da unidade); falta de dados (data de chegada, nome e posto do oficial responsável); diferentes combinações de tanques na "coleta" e na "descarga" da água de lastro, cópias ilegíveis, escrita incompreensível, dados incoerentes entre as diferentes seções do formulário (número de tanques e/ ou tanques e/ou volumes) e confusão no campo "sea height (m)" entre a profundidade onde ocorreu a troca da água de lastro e altura da onda*".

Caron (2007) mostrou inconsistências durante a análise de 808 formulários de água de lastro entregues às autoridades marítimas do Porto de Itajaí. Dos formulários analisados apenas 39 continham dados sobre deslatro, em que 11 não declaram ter feito à troca oceânica; 9 não possuíam a origem de lastro (coordenadas) e 1 não possuía nenhuma coordenada de origem e troca. Do total de formulários 270 (33,42%) apresentavam declaração de que haviam realizado a troca oceânica. Utilizou-se como procedimento de validação do local da troca uma analise das coordenadas geográficas contidas no relatório e conclui-se que do total de 270 declarações de troca 45% das coordenadas indicavam locais junto à costa, próximo de ilhas, dentro de baias e enseadas, sendo que um dos casos o navio estava aproximadamente 450 km terra adentro.

Outro estudo realizado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa (2003) apresenta os resultados de 99 amostragens de água de lastro de navios em 9 portos brasileiros, em que *"foi verificado que 62% das embarcações cujos comandantes declararam ter efetuado a substituição da água de lastro em área oceânica, conforme orientação da IMO, provavelmente não o fizeram ou fizeram de forma parcial, por possuírem água de lastro com salinidade inferior a 35ppm"*.

Em função deste problemas apresentados é que medidas de controle devem ser implementadas para reduzir o impacto da água de lastro no meio ambiente no Brasil.

3- IMPACTOS DA ÁGUA DE LASTRO

Espécies introduzidas em locais diferentes de sua origem são conhecidas como espécies invasoras, alienígenas, exóticas, estrangeiras, não-nativas e não-indígenas (MEDEIROS, 2004). Deste modo, uma espécie invasora pode ser definida como aquela que foi transferida de um local para outro e conseguiu se estabelecer em um novo habitat. Existem diversos mecanismos para a transferência de espécies, tais como navios, aviões, veículos, animais, ação da natureza, entre outros. Muitas espécies são diariamente importadas e exportadas de um local para outro, sendo que em alguns casos ocorre o estabelecimento destas espécies.

É claro que para uma espécie se estabelecer em um novo local ela deve encontrar condições similares ao seu local de origem. Muitas vezes a transferência de uma espécie não-nativa pode gerar uma série de problemas para o ecossistema local. Assim, pode-se transferir um predador voraz que poderá dizimar uma espécie nativa e se estabelecer, sem que haja um predador natural.

O caso brasileiro mais notável é o mexilhão dourado "*L. fortunei*". Esta é uma espécie nativa de rios e arroios chineses e do sudeste asiático e, apenas recentemente, por razões desconhecidas, vem expandindo sua distribuição em todo o mundo.

Do estuário da Bacia do Prata, ele se expandiu rapidamente para os trechos superiores da Bacia do rio Paraná, invadindo principalmente os grandes rios, numa velocidade de cerca de 240 km/ano. Em 2001, sua presença foi reportada na Usina de Itaipu e, em 2002, foi encontrado nas usinas hidrelétricas (Porto Primavera e Sérgio Motta) à jusante do Rio Paraná, em São Paulo. A entrada da espécie neste sistema de rios deve ter ocorrido através da intensa navegação e transposição de barcos utilizados na pesca esportiva. O impacto do mexilhão dourado no Brasil tem sido grande e tem causado problemas de saúde pública, entupimento de tubulações, filtros de usinas hidroelétricas e bombas de aspirações de água, degradação das espécies nativas e problemas relacionados com a pesca.

Resende (2007) analisou o efeito da fixação do mexilhão dourado nas paredes e nas grades de tomadas d'água em usinas hidrelétricas. Verificou-se que estes elementos aderidos provocam uma perda de carga do sistema diminuindo o rendimento da usina aumentando a força do fluxo de água sobre a grade, podendo no limite ocasionar um rompimento do sistema. As conseqüências deste problema e os custos que ele tem gerado para o sistema brasileiro são:

- Redução na eficiência das bombas e conseqüentemente aumento no consumo de energia para conseguir um funcionamento normal dos sistemas;
- Aumento na corrosão de encanamentos pela proliferação de outros agentes biológicos indesejáveis (bactérias, fungos etc.);
- Paralisação do sistema para limpeza ou substituição de tubulações, válvulas, filtros etc.

Por outro lado, as empresas de aqüicultura têm sido afetadas pelas algas tóxicas que são lançadas, juntamente com a água de lastros, em áreas próximas ao cultivo. Os cistos de dinoflagelados, encontrando condições favoráveis, germinam e se reproduzem de forma intensa e formam manchas coloridas, denominadas marés vermelhas. As toxinas produzidas contaminam os organismos cultivados, que além de muitos morrerem, tornam-se impróprios para o consumo humano, por certo período, o que causa grande prejuízo ao aqüicultor. Seeliger e Costa (2003) afirmam que água de lastro e a incrustação nos cascos de mais de 3500 embarcações que circulam a bacia Patos-Mirim são responsáveis pela proliferação de algas que podem contribuir para o aparecimento de marés vermelhas.

Alguns copépodes (grupo de crustáceos) marinhos foram observados no zooplâncton nos Estados do Paraná, de São Paulo, do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. Na Cidade de Arraial do Cabo, no Estado do Rio de Janeiro, um coral mole tem chamado a atenção de cientistas e mergulhadores. Na Cidade de Angra dos Reis, também no Estado do Rio de Janeiro, alguns corais exóticos também já foram observados. Até hoje, ainda não se percebeu nenhum dano ambiental ou econômico causado por essas espécies. Entretanto, outras espécies introduzidas, tanto em água doce como no mar, têm causado prejuízos econômicos, ecológicos e sanitários. A seguir, serão relatados alguns casos de introdução de espécies aquáticas nocivas introduzidas e seus respectivos impactos (SILVA e SOUZA, 2004):

- O siri bidu é uma espécie marinha de crustáceo de origem indo-pacífica, sem valor comercial, que prejudicou a pesca do siri nativo na Bahia. Hoje, o siri bidu já foi observado nas Baías de Guanabara e Sepetiba e no Estado de São Paulo;
- O Isognomon bicolor é uma espécie marinha de molusco bivalve de origem indo-pacífica que se parece com uma ostra e se prende às rochas através de filamentos, como os mexilhões. Habita as regiões entremarés dos costões da Bahia à Santa Catarina. Em

Arraial do Cabo, este bivalve ocorre em densos bancos, nos quais as espécies nativas agora são raras;

- Algumas espécies de algas tóxicas, nativas de outras regiões do mundo, foram observadas em várias regiões do Brasil. As marés vermelham causam irritação na pele humana e matam algumas espécies de animais marinhos. Podem causar grandes prejuízos em regiões de cultivo de ostras e mexilhões. Esses bivalves são filtradores e se alimentam de microalgas. As algas tóxicas são ingeridas e tornam os mariscos impróprios para o consumo. Os efeitos associados às marés vermelhas são formigamento e entorpecimento dos lábios, boca e dedos, além de dificuldade de respiração, paralisia e até a morte.

Deste modo, verifica-se que no Brasil existem inúmeros casos de bioinvasão e medidas de controle necessitam ser tomadas para evitar que outras espécies se estabeleçam, tanto aquelas contidas na água de lastro, bem como as que sobrevivem no sedimento.

4- ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO DA ÁGUA DE LASTRO

O tratamento da água de lastro para livrá-la de uma potencial espécie invasora constitui um grande desafio que precisa ainda ser equacionado. Muitas espécies contidas nos tanques de lastro podem ser potencialmente invasoras; conseqüentemente um único tratamento preventivo pode não ser eficaz. Por isso, em muitos casos, está sendo sugerido o uso de dois ou mais métodos em conjunto para tentar aniquilar o maior número de organismos de uma só vez. A dificuldade de conjugar a eliminação das espécies com um tratamento 100% efetivo recomendado pela IMO tem aberto uma grande fronteira para pesquisas e desenvolvimento tecnológicos. Contudo, recomenda-se aos armadores e comandantes das embarcações utilizar os procedimentos a bordo dos navios para remediar o problema. Para isso, é necessário conseguir o comprometimento da tripulação para execução de tais procedimentos é outro desafio que precisa ser encarado.

4.1 – Procedimentos a bordo do navio

A IMO por meio da Convenção Internacional para Controle e Gerenciamento de Água de Lastro de Navios e Sedimentos instituiu alguns procedimentos operacionais que os comandantes devem praticar durante a viagem, enquanto não surge uma técnica eficaz para resolver o problema da bioinvasão. Basicamente, as normas exigem que seja feita a troca oceânica da água de lastro.

A troca oceânica consiste no procedimento de trocar toda a água contida nos tanques de lastro dos navios de seu local de origem, a no mínimo, 200 milhas de distância da costa onde se localizam os portos em que os navios irão deslastrar. O princípio preventivo deste procedimento se fundamenta no fato que as espécies oceânicas não sobrevivem em ambientes de regiões costeiras e vice-versa. Basicamente, considera-se que organismos oriundos de portos tropicais não devem sobreviver e nem se reproduzir em águas geladas, temperadas e polares. Contudo, isso não é regra e ocorre que algumas espécies de invertebrados e algas são encontradas em regiões subpolares e até tropicais.

A troca oceânica pode ser realizada de 3 formas distintas sendo, pelo fluxo contínuo, transbordamento e diluição. o método seqüencial é definido quando os tanques de lastro são esgotados e cheios novamente com água oceânica. No método do fluxo contínuo os tanques de lastro são simultaneamente cheios e esgotados, através do bombeamento de água oceânica. O método do transbordamento a água é transbordada através do convés do navio. O método de diluição é definido pelo carregamento de água de lastro através do topo e, simultaneamente, a descarga dessa água pelo fundo do tanque, à mesma vazão, de tal forma que o nível de água no tanque de lastro seja controlado para ser mantido constante. Os dois métodos anteriores ficam condicionados a troca de um volume total de 3 vezes a capacidade do tanque para conferir uma melhor eficiência ao método.

4.2 – Alternativas tecnológicas de tratamento a bordo

Estão sendo desenvolvidas muitas tecnologias para tratamento da água de lastro a bordo dos navios, algumas ainda se encontram em fase de validação e outras ainda na fase conceitual. As principais tecnologias existentes atualmente são: filtração, hidrociclone, aquecimento, choque elétrico, irradiação por raios ultravioleta, aplicação de biocidas e desoxigenação. Cada alternativa de tratamento apresenta vantagens e desvantagens em relação a custo, manutenção, eficácia e impacto ambiental com o produto final gerado, mas pode-se afirmar que nenhuma delas apresenta uma solução definitiva para o problema da bioinvasão (PEREIRA e BRINATI, 2008).

Um dos principais fatores que onera a instalação destes sistemas a bordo do navio é o custo de aquisição e, bem como os, de manutenção e operação. Outro aspecto é a heterogeneidade de navios, com diferentes fins, diferentes sistemas a bordo e idade. Markovina *et al.*, (2007) explicam que, por exemplo, navios petroleiros antigos, não foram projetados para a instalação de

um sistema de tratamento da água de lastro a bordo, devido à escassez de espaço na sala de máquinas, características dos equipamentos empregados na época de construção, além da habilidade e treinamento da tripulação para lidar com as especificidades das tecnologias aplicadas ao tratamento a bordo do navio.

Como as principais resoluções referentes à água de lastro sugiram a partir dos anos 90, verifica-se que grande parte dos navios não foram projetados contemplando os requisitos instituídos pela IMO e pelas sociedades classificadoras. O primeiro desafio para implementar qualquer alternativa de tratamento a bordo dos navios existentes é monitorar a qualidade da água coletada e, posteriormente, da água tratada. Para vencer esta barreira na prática faz-se sondagens no navio para coleta de amostras e determinar o que está presente na água.

As tecnologias instaladas a bordo dos navios, podem ser classificadas como: aquecimento, ozonização, eletro-ionização, choques elétricos, supersaturação de gás, biocidas, acústico, desoxigenação, ultravioleta e cloro para desinfecção da água. Esses métodos precisam preencher os seguintes requisitos: ser seguro, prático, de baixo custo e ambientalmente aceitável. Porém, ainda não foi encontrado nenhum tipo de tratamento que considera atender 100% todos os critérios, além de ser 100% eficiente. Nesta linha existem diversas empresas dedicando tempo e dinheiro na busca de um sistema que consiga eliminar 100% das espécies contidas na água de lastro.

Os principais métodos são:

- **Filtração:** através da filtração, pode-se remover zooplâncton (pequenos animais marinhos), grandes fitoplânctons (organismos vivos); contudo, este sistema não pode reduzir a concentração de muitos microorganismos. Silva e Fernandes (2004) explicam que o processo de filtração é amplamente utilizado para impedir o acesso aos tanques de organismos maiores, embora muitos aspectos precisam ser adequados à filtração para remoção de espécies indesejadas na água de lastro;
- **Radiação ultravioleta:** a fonte primária de radiação ultravioleta é o sol, mas também pode ser emitida através de lâmpadas incandescentes e fluorescentes. O processo de tratamento consiste da irradiação de luz ultravioleta na água do mar captada pelo navio. A luz UV induz mudanças fotoquímicas nos organismos que irão quebrar as ligações

químicas no DNA. Isto acarreta problemas na sobrevivência dos organismos, ou seja, ocorrem mutações levando-os a morte. Nos navios, são instalados tubos de Teflon e as lâmpadas ultravioletas são fixadas externamente a estes tubos. As lâmpadas emitem radiação em todas as direções e somente parte desta atinge o fluído que elimina os microorganismos. Salienta-se que este processo não tem o mesmo resultado para organismos maiores, por isso, em geral, busca-se combiná-lo com a filtração;

- **Ozônio:** O ozônio é um gás alotrópico do oxigênio. O ozônio O3 é um biocida usado no tratamento de água potável e em indústrias, não formando subprodutos tóxicos em água doce. O ozônio é certamente um poderoso agente, que rapidamente destrói vírus e bactérias, incluindo esporos, quando usado como desinfetante nos tratamentos de água convencional. O ozônio é gerado através de um gerador que, basicamente, consiste em um tubo (dielétrico), no qual passa o oxigênio, e aonde uma descarga elétrica constante (efeito carona), gerada através de um transformador nele existente, transforma a molécula de oxigênio (O2) em uma molécula de ozônio (O3). Assim, o ozônio é mesclado na água. O efeito biológico depende da concentração e do período de exposição. Longos tempos de contato com ozônio garantem uma alta taxa de mortalidade. Em sistemas industriais o ozônio é inserido na água através de borbulhamento que confere maior eficiência ao processo;
- **Aquecimento:** o tratamento térmico tem sido exaustivamente testado, mas não há certeza da temperatura ideal para eliminar todos os microorganismos. Basicamente, todas as alternativas térmicas buscam captar o calor gerado pelas máquinas do navio para aquecer a água de lastro. Este sistema foi originalmente proposto por (Rigby, 1994), que recomenda utilizar o calor gerado pelas máquinas principais e pelo sistema de refrigeração de água do navio. O calor requerido para aquecer uma grande quantidade de água em um navio é muito grande. Encanamentos adicionais seriam necessários para bombear a água do lastro através dos trocadores de calor existentes. Estão em progresso investigações relacionadas com a temperatura do tratamento e o tempo necessário, para matar ou deixar inativos determinados organismos;
- **Biocidas:** os biocidas são utilizados para tratamento da água e podem ser eficientes no tratamento dos microorganismos. O biocida mais conhecido é cloro empregado no

tratamento de água e esgoto. A eficiência do cloro está relacionada com o pH neutro. Em geral, costuma-se neutralizar a água antes da aplicação do cloro. Como a água do mar apresenta pH alcalino, ou seja, em torno de 8, este é um dos principais problemas da utilização do cloro como tratamento. Em contato com o cloro, a água do mar produz trihalometanos. Este composto, gerado, a partir da mistura do cloro com os organismos presentes na água de lastro, é classificado como cancerígenos (SILVA e FERNANDES, 2004).

4.3 – Tratamento em terra

O tratamento em terra da água de lastro pode ser dividido em 2 alternativas sendo em terra fixa e sistema móvel "barcaças e/ou navios" na área do porto.

4.3.1 – Estação em terra

Basicamente esta alternativa consiste em captar a água de lastro dos tanques dos navios e armazena - lá em tanques e depois trata - lá com alguma método físico e ou químico. Atualmente, todos as alternativas de tratamento de água de lastro devem ser testadas em unidades de terra, ou seja, as tecnologias são testadas em estações em terra por pelo menos 30 dias, antes de ir a bordo dos navios. Nestas estações é medida a eficácia do tratamento, em que são coletadas água dos navios e da própria região portuária para serem tratadas. Existem várias estações nos Estados Unidos, Europa e Ásia para este fim, o que sugere que estas tecnologias podem ser adaptadas para ficar operando em instalações de tratamento terrestre. Um exemplo disso, é a estação de tratamento de água de lastro de Valdez no Alasca, conforme mostrado na Figura 1.

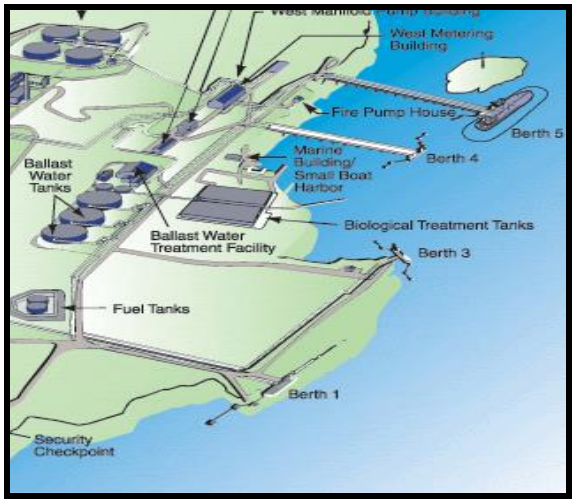


Figura 1 – Terminal de Valdez Alasca
Fonte: Valdez Terminal - http://tapseis.anl.gov

Esta instalação foi projetada especificamente para remover o óleo da água de lastro antes de liberá-la novamente no mar. Outras estações com mesma finalidades foram instaladas nos portos de Sullom Voe na Escócia e Scarpa Flow que funcionam desde a década de 70. Estas unidades de recepção de água de lastro foram exigidas sob um anexo da MARPOL 73/78 e devem ser implementadas no Brasil em função das exigências da Lei 9966/00. Estas instalações são operadas com a finalidade de separar o óleo da água de lastro, mas podem ser modificadas para incorporar um tratamento da água de lastro para remover os organismos aquáticos não nativos indesejáveis (STEMMING THE TIDE, 1996). Contudo, até o momento não foram quantificados os custos para tais adaptações.

Obviamente, que este sistema apresenta vantagens e desvantagens. A principal vantagem é o controle efetivo do local do despejo da água de lastro, além do controle da qualidade do tratamento. Um fator impeditivo é a necessidade de tancagem no porto, bem como rede de dutos para captação da água de lastro, além de em muitos casos uma adaptação do sistema de drenagem dos navios. Contudo, mostra-se como uma alternativa eficaz para o controle da bioinvasão, além de poder ser um serviço oferecido pelos portos ao armador, ao invés do mesmo investir em instalação de sistemas a bordo de suas embarcações.

4.3.2 – Sistema móvel de coleta e tratamento

Uma possibilidade de tratar á água de lastro é através de estações móveis (navios/barcaças) que podem tratar a água dos navios que não dispõem de instalações de tratamento a bordo, ou mesmo captar a água de lastro do navio e transporta-lá para uma unidade de tratamento costeira, conforme proposto por (CARLTON, 1995; WISCONSIN DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES, 2007).

Isto exigiria o transporte de grandes quantidades de água de lastro através de grandes portadores de carga (PEREIRA e BRINATI, 2008). Este tipo de transporte pode ser realizado através de barcaças oceânicas ou até mesmo navios petroleiros desativados e adaptados para este tipo de operação. Como é uma exigência mundial que os navios que transportem substâncias tóxicas tenham casco duplo, muitos navios com idade avançada deixaram de fazer estas viagens e ficaram fora de operação. Deste modo, eles poderiam ser utilizados para realizar este tipo de serviço.

5 – PROPOSIÇÃO DE UM SISTEMA DE CONTROLE DE ÁGUA DE LASTRO

Diante da problemática exposta e da lacuna encontrada na literatura no que tange os impactos do tratamento de água de lastro em terra, considerando as características portuárias de um terminal de minério de ferro, por ser basicamente importador de água de lastro, é que foi elaborado um modelo de simulação computacional para avaliar a viabilidade desta aplicação. Optou-se por avaliar esta alternativa para verificar se a captação da água de lastro no porto impacta na taxa de ocupação do berços, tempo de espera e número de navios em fila, em relação aos já praticados em alguns portos brasileiros.

Assim, o modelo conceitual do modelo de simulação é apresentado é composto dos seguintes elementos:

1. Chegadas de navios na barra;
2. Processo de alocação de berço;
3. Processo de atracação, que leva em consideração as restrições físicas de cada terminal no que tange canal de acesso “cruzamento” e ambientais maré e correnteza;
4. Processo de pré-operação após a atracação;
5. Processo de carregamento do navio e despejo de água de lastro;

6. Processo de transferência de água de lastro para unidade de armazenamento em terra;
7. Processo de desatracação, que leva em consideração as restrições físicas de cada terminal, bem como condições de maré e canal de acesso;
8. Processo de tratamento e descarte da água de lastro armazenada;

A representação gráfica do modelo conceitual é apresentada na Figura 2.

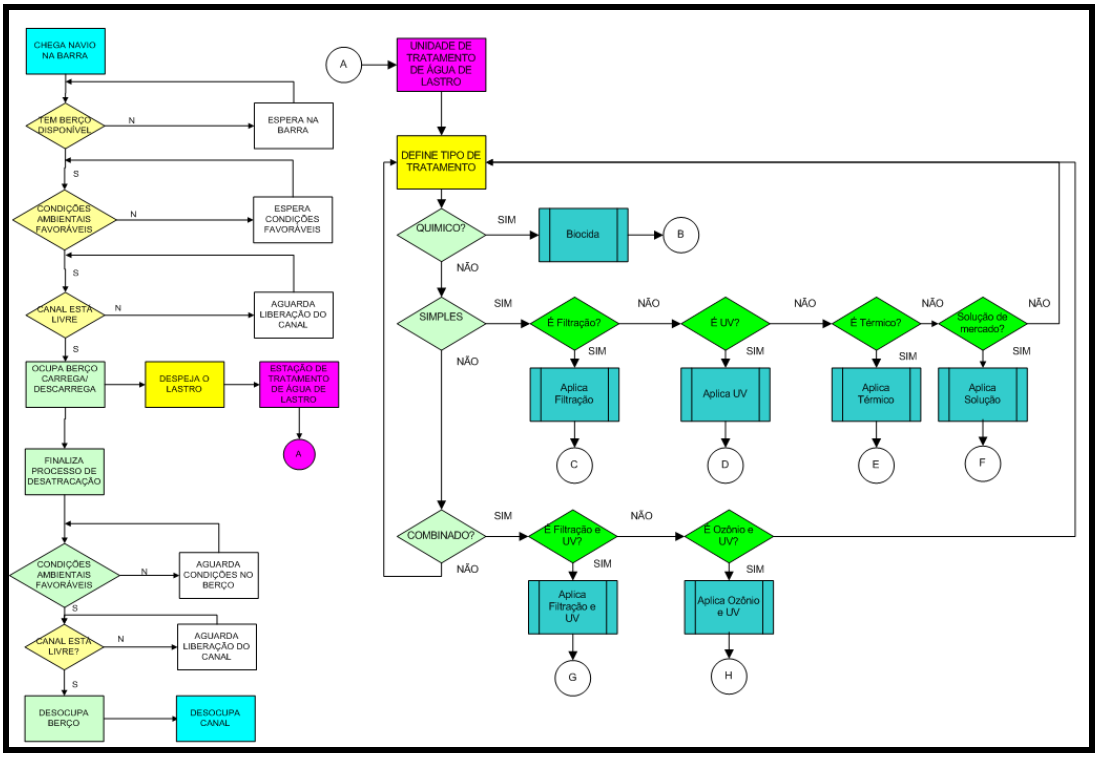


Figura 2 – Representação do modelo conceitual

Basicamente, a representação desta alternativa de tratamento de água de lastro é muito similar a uma operação comum de chegada de navios nos portos, uma vez que o procedimento de operação não muda. A principal diferença do sistema proposto é que ao invés do navio despejar o lastro diretamente na água no porto ele é captado, armazenado e depois destinado para uma unidade de tratamento. O modelo de simulação é definido como "Genérico", ou seja, capaz de ser aplicado em qualquer porto com características semelhantes de operação dos portos selecionados. No modelo serão incorporadas as características operacionais de cada uma alternativas de solução considerando a capacidade e tipo de tancagem para estação em terra, tipo de tratamento químico, físico ou biocida em terra e capacidade de tratamento m^3/h), bem como as características operacionais dos portos no tocante as restrições de canal de acesso "cruzamento", maré e número

de berços de atracação, taxa dos equipamentos de carregamento, perfil da frota e volume de lastro a bordo.

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou uma visão geral dos impactos e alternativas utilizadas atualmente para tratar a água de lastro. Cabe salientar que a eficácia dos métodos existentes tanto os procedimentos operacionais quanto as alternativas tecnológicas a bordo dos navios não conferem 100% de eficiência. Deste modo, é necessário que um grande envolvimento da tripulação do navio no auxilio do problema, procurando não coletar a água de lastro em locais que apresentem florações de algas evidentes, bem como evitar essa operação a noite quando alguns microorganismos planctônicos migram para uma posição mais elevada na coluna d'água.

Diante da situação atual não se pode descartar nenhuma alternativa de tratamento da água de lastro, mesmo que o interesse principal da solução apresente um viés comercial. As alternativas que serão testadas através do modelo computacional poderá apresentar os limites para este tipo de operação, bem como sua viabilidade do ponto de vista operacional e comercial.

7 - REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Brasil – Água de lastro. Projetos GGPAF. 2002. 2003.

CARLTON J.T., et al . 1995. "Transoceanic and inter-oceanic dispersal of coastal marine organisms: The biology of ballast water. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review"*, v.23.

CARON JUNIOR, A., Avaliação do risco de introdução de espécies exóticas no porto de Itajaí e entordo por meio de água de lastro. Dissertação (mestrado) apresentada a Universidade do Vale do Itajaí em Ciências e Tecnologia Ambiental. 2007.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA, BALLAST WATER MANAGEMENT. 2008

LEAL NETO, A.C., Identificando similaridades: Uma aplicação para a avaliação de risco de água de lastro. Tese (Doutorado) apresentada a Universidade Federal do Rio de Janeiro em Ciências em Planejamento Energético. 2007.

MEDEIROS, D. de S., Avaliação de risco da introdução de espécies marinhas exóticas por meio de água de lastro no Terminal Portuário de Ponta Ubu (ES). IPT. 2004.

PEREIRA,N.N.; BRINATI, H.L., Um estudo sobre água de lastro. Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore, 2008.

REZENDE, M.F., Variação das características hidráulicas em condutos forçados devido à infestação pelo Limnoperna fortunei. Dissertação apresentada a Universidade Federal de Minas Gerais Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. 2007.

RIGBY, G., Possible solutions to the ballast water problem. Australian Quarantine. 1994.

SEELIGER, U. COSTA, C. S. B. Alterações de Hábitats Devido às Aatividades Antrópicas na Costa Sul do Brasil. Anais do VI Congresso de Ecologia do Brasil (CEB, Fortaleza-CE).

SILVA, J.; SOUZA, R., Água de Lastro e Bioinvasão. InterCiência. 2004.

WISCONSIN DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES. Port of Milwaukee Onshore Ballast Water Treatment Feasibility Study Report. 2007.

REEMPLAZO DE TUBERIAS DE CUPRONIQUEL QUE CONDUCEN AGUA DE MAR POR OTRAS DE ACERO INOXIDABLE. INVESTIGACION APLICADA

Pedro P. Simoncini

Instituto Universitario Naval – Unidad Académica ESOA
Base Naval Puerto Belgrano (8000), Argentina
E-mail (autor de contacto): esoa@ara.mil.ar

Resumen

Las aleaciones de base cobre con níquel, ampliamente usadas en la operación de plantas y equipos en ambientes marinos, constituyen las aleaciones mas adecuadas para la fabricación de piezas expuestas a la acción agresiva de los iones cloruros presentes en el agua de mar. Cuando la velocidad de circulación supera a la máxima permitida para los CuNiFe 90:10, cuando el Numero de Reynolds es superior a 2000, cuando hay presencia de burbujas de aire o de sólidos en suspensión y cuando en el sistema se encuentran tuberías con derivaciones en ángulo recto o agudo se origina una corrosión-erosión que deteriora el film pasivo de trihydroxo cobre (II) monocloruro [$Cu_2(OH)_3Cl$] formado provocándose la perforación de la tubería. Además, a aproximadamente 650 °C y suave velocidad de enfriamiento (propias de un proceso de soldadura) se produce a borde de grano una fase rica en hierro que origina una corrosión intergranular, picando las zonas adyacentes a las uniones soldadas. Estas tuberías pueden ser reemplazadas por otras de acero inoxidable austeniticos de alta performance (superausteniticos) o convencionales (serie 300) inhibidos que poseen entre ambas, una gran compatibilidad electroquimica y mecánica y excelente resistencia a la corrosión cuando hay circulación de agua de mar. Los inconvenientes que estos aceros presentan en aguas estancas (pitting y crevice) son evitables como también, la adherencia del "fouling" marino, la corrosión – erosión y la presencia de sulfuros. Además, se logra un importante ahorro económico y de material

Palabras clave: Corrosión – numero de Reynolds – pasivante – austenitico – estabilizado

Introducción – Consideraciones Generales

La intención de esta investigación apunta a reducir costos y a proteger los recursos naturales.

En cuanto al primer factor se reducirían costos importantes tales como, la reposición de estructuras y maquinarias corroídas, el empleo de metales y aleaciones resistentes a la corrosión, interrupciones en la operabilidad de los sistemas, merma de rendimiento, sobredimensionamiento y especialmente casos de perdida de salud o vida por fallas imprevistas de piezas importantes debido a la corrosión.

En lo que se refiere a conservar las riquezas naturales se evitaría por sobre todo valiosas perdidas de energía utilizadas en la producción y montaje de estructuras metálicas. (1)

Las aleaciones de base cobre con níquel son ampliamente usadas en la operación de plantas y equipos en ambientes marinos debido a que los materiales constructivos son capaces de soportar tanto los efectos corrosivos propios de una atmósfera salina como los que tienen lugar en sistemas de refrigeración por agua de mar usados en buques, submarinos y plantas "off-shore" entre otros, o sea que constituyen las aleaciones mas adecuadas para la fabricación de piezas expuestas a la acción agresiva de los iones cloruros presentes en el agua de mar. (2)

Una manera de mejorar la resistencia a la corrosión de estas aleaciones es incrementar el contenido de níquel hasta un máximo de 40 % p/p, porque se incrementa la resistencia iónica de los filmes protectores de los productos de corrosión. Contenidos superiores al 40 % no registran variaciones apreciables. (3)

Pequeñas cantidades de hierro son adicionadas a fin de incrementar en el material su resistencia al "impingement attack". El agregado de manganeso produce el mismo efecto y neutraliza, además, la posible presencia de sulfuros. (4) Ciertas impurezas (en particular plomo, fósforo y azufre) deben ser cuidadosamente controladas para no reducir su ductilidad y evitar problemas durante el proceso de manufactura, fabricación y soldadura. (5)

Para aguas a baja velocidad y flujo laminar se observa un tipo de corrosión generalizada con picado y deniquelacion. Este tipo de corrosión selectiva puede ser evitado desplazando el potencial electroquímico del sistema + 0,3 V con respecto al potencial de corrosión (Ec.). (6, 7, 8)

El producto de corrosión normal del cobre y sus aleaciones es el oxido cuproso (Cu_2O); la adición de níquel permite obtener filmes mas gruesos y mas protectores estabilizando el oxido cuproso formado evitando su disolución. Cuando la estructura es polarizada a potenciales catódicos, por ejemplo mediante corriente impresa, el contenido de níquel en el oxido se incrementa y favorece la formación del complejo trihydroxo cobre (II) monocloruro [$Cu_2 (OH)_3Cl$] el cual inhibe la velocidad de corrosión e incrementa la resistencia electrónica de los productos de corrosión. (9)

El cobre y el níquel forman una fase sólida altamente soluble cuando el contenido de este ultimo es inferior al 32% o sea que forman una aleación con una estructura metalúrgica cubica centrada en las caras de solución

sólida α . El hierro puede segregarse como una segunda fase pudiendo producir picado si no permanece en solución sólida. (4)

Ahora bien, cuando la velocidad de circulación supera a la máxima permitida para los CuNiFe 90:10 que es de 10 pies/seg., cuando el Numero de Reynolds es superior a 2000, cuando hay presencia de burbujas de aire o de sólidos en suspensión y cuando en el sistema se encuentran tuberías con derivaciones en ángulo recto o agudo siendo el radio de curvatura adecuado de 5 diámetros se origina un tipo de corrosión (corrosión- erosión) que no produce cambios estructurales en la composición del electrolito pero si, deteriora el film pasivo formado desprendiéndolo una y otra vez diminuyendo progresivamente el espesor de la tubería llegando a perforarla. (10)

Además, a aproximadamente 650 °C y suave velocidad de enfriamiento (propias de un proceso de soldadura) se produce a borde de grano una fase rica en hierro: se forman microceldas que originan una corrosión intergranuar que se traduce en un picado en zonas adyacentes a las uniones soldadas.(11) Este problema puede ser minimizado usando ánodos de sacrificio de acero dulce.(12)

En estas condiciones el reemplazo de las tuberías de cuproniquel con hierro se hacen necesarias; pudiéndose utilizar en su lugar otras de acero inoxidable austeniticos de alta performance (superausteniticos) o convencionales (serie 300) con molibdeno ya que este elemento actúa como inhibidor de la corrosión en agua de mar.(10) Este tipo de aceros inoxidables se considera los mas apropiados ya que poseen una fuerte compatibilidad electroquimica, una inmejorable resistencia al picado y una velocidad de circulación permisible; variables estas que se comprobaran mas adelante.

Los aceros inoxidables austeniticos (AIA) constituyen una aleación ternaria Hierro–Cromo-Niquel y contienen entre un 11 y un 27 % de cromo y desde un 7 a un 40 % de níquel. (13)

La fase austenitica es estable entre temperaturas menores a las del ambiente y los 1300 °C aproximadamente y corresponden a una estructura cristalina cubica centrada en las caras, muy dúctil y tenaz (FCC, Fe χ). Esto se debe a la presencia de níquel que posee una estructura cristalina FCC. (14)

Los AIA presentan un excelente comportamiento frente a la corrosión cuando su estructura es totalmente austenitica, es decir cuando los carburos de cromo complejos que en determinadas condiciones precipitan, se encuentran totalmente disueltos en solución sólida con la austenita, ello es debido a que todo el cromo esta disuelto en la fase χ, aumentando así su resistencia a la corrosión. La solución de los carburos se logra por tratamientos térmicos de ablandamiento, calentando a 1000 °C aproximadamente seguido de un enfriamiento rápido.

Existe una excelente correlación entre parámetros composicionales, microestructurales y de resistencia a la tracción y a la tensión de fluencia. Esta ultima no es afectada por el espaciado entre maclas ya que la energia de fallas de apilamiento es casi nula; lo opuesto ocurre con la rotura por tracción donde el espaciado entre maclas y en consecuencia la energía de fallas de

apilamiento son importantes. Otro parámetro a tener en cuenta en la rotura por tracción es el tamaño de grano.

Por su alta conformidad y soldabilidad son particularmente versátiles siempre que se realice una correcta elección del proceso de soldadura y del metal de aporte.

Las aplicaciones criogenicas de estos aceros son destacables dada la gran estabilidad de la estructura austenitica (Fe χ) y su apreciable resistencia mecánica, además no presentan magnetismo y endurecen rápidamente por trabajado. (15)

Es importante destacar, además que los aceros inoxidables austeniticos no posee un limite máximo de velocidad; pero si un limite mínimo de velocidad de circulación igual a 5 ft/seg. o sea 1,524 m/seg. (10)

PARTE EXPERIMENTAL

La viabilidad del reemplazo de tuberías de CuNiFe por otras de acero inoxidable austenico tiene tres variables a comprobar. Ellas son: compatibilidad electroquimica, velocidad de circulación del agua de mar adecuada para evitar la adherencia del macro y micro "fouling marino" y "crevice corrosion" o corrosión en rendijas y picado en aguas con velocidad de circulación cero.

Compatibilidad electroquimica

Es vital la semejanza galvánica existente entre las dos especies metálicas ya sea en condiciones estáticas como dinámicas.

En agua de mar natural estanca, los AIA (AISI 316) poseen un potencial electroquimico de –178 mV frente a un ECS comparado con - 198,4 mV de un cuproniquel con hierro 90:10. Esta medición fue llevada a cabo en el Laboratorio de Corrosión del Arsenal Naval Puerto Belgrano; algunos corrosionistas señalan que a bajas velocidades de flujo o en aguas poco aireadas el AISI 316 puede exhibir un potencial cercano a – 500 mV.

En agua de mar natural a una velocidad de circulación de 4 m/seg. y flujo turbulento, el potencial electroquimico del AISI 316 es de – 180 mV frente a un ECS contra – 280 mV de un cuproniquel con hierro en las mismas condiciones. (16)

Evitabilidad de depósitos calcáreos

En 1982 R. Lewis publico en USA un articulo donde se enunciaba que a velocidades de circulación iguales o superiores a 5 m/seg. no se producían depósitos calcáreos en las paredes de tuberías de aleaciones de base hierro.(17)

Esta excelente enunciación (evita la clorinacion del agua de mar) fue corroborada en el Laboratorio de Corrosión del Arsenal Naval Puerto Belgrano

en un sistema de circulación de un solo paso que utiliza agua marina que toma y devuelve al mar. La velocidad de circulación fue medida con un flujometro ultrasónico que actúa por efecto Doppler.

Esta medida nos indica que para un mismo caudal (Q) el diámetro interno (DN) de la tubería de acero inoxidable austenitico será menor lo que redunda en un ahorro importante de material y por ende económico. O sea que, si el Q se mantiene constante y la velocidad de circulación aumenta a 5 m/seg. el DN de la tubería acero inoxidable austenitico, tomando como base una de DN 80 de cuproniquel con hierro, será como mínimo de 66,93 mm. DN = 66,93 mm.

La Norma ASTM A 312 establece que el espesor de pared de estas tuberías será de aproximadamente 2,9 mm. (18)

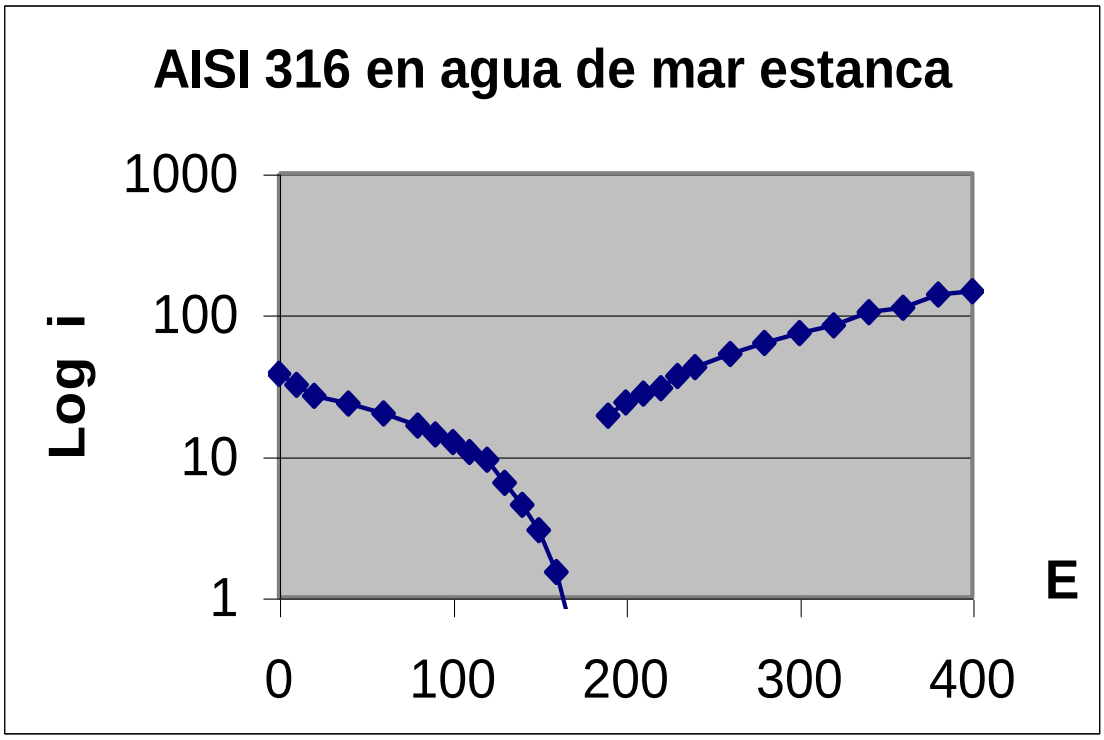
Corrosión por picado y en rendijas en aguas de mar estanca

Los AIA, en agua de mar estanca o circulando a baja velocidades (menor a 1,524 m/seg.) son susceptibles a ataques por corrosión en rendijas o por picado. Para el picado la formula PRE (Equivalente de resistencia al picado), que debe ser igual o superior a 40, nos orienta sobre este tipo de ataque corrosivo. (19)

$$PRE = \% Cr + (3{,}3 \% Mo) + (30 \% N)$$

Los aceros inoxidables austeniticos de alta performance superan con amplitud los 40 puntos debido fundamentalmente a la presencia de nitrógeno en su composición química y a la existencia de efectos sinergéticos entre este elemento y el molibdeno. (20)
Los aceros inoxidables austeniticos convencionales no poseen un puntaje igual o superior a 40 (en el caso del AISI 316, el PRE es aproximadamente igual a 28) por lo que presentan una velocidad de corrosión de picado que puede ser obtenida a través del procedimiento de extrapolación por Tafel (21), (se gráfica el logaritmo de la densidad de corriente vs el potencial), mientras que en el trazado de las curvas de polarización fue utilizado el método potencocinetico. Este estudio fue llevado a cabo con la colaboración del Departamento de Fisicoquimica de la Universidad Nacional del Sur.

El estudio electroquimico fue realizado en una celda de vidrio borosilicatado que contenía 350 ml, de agua de mar natural aireada de la dársena de Puerto Belgrano, a temperatura ambiente (25 C) siendo su pH de 7,6 y el contenido de Oxigeno de 6,19 ppm. medido usando el método de Winkler.
Las variables como temperatura, concentración, velocidad de flujo, etc. que pueden afectar la velocidad de corrosión se mantuvieron constantes, a fin, en primer lugar, de controlar todos aquellos parámetros que tienen algún efecto sobre el proceso de corrosión y, en segundo lugar, asemejar el conjunto celda – electrodo de trabajo a las condiciones reales de servicio.
Un electrodo de Platino y uno de calomel saturado (ECS) fueron usados como contraelectrodo y electrodo de referencia respectivamente. Este ultimo se encuentra saturado en una solución 4 M de cloruro de potasio y fue colocado a aproximadamente 1,5 mm. de la superficie del electrodo de trabajo, no utilizándose tubos capilares; ya que la caída ohmica del potencial debido a la resistencia de la solución no era importante , puesto que se trabajo con bajas densidades de corriente, no produciéndose interferencias en la distribución de la misma sobre el electrodo de trabajo en cuestión.
En la obtención de las curvas de polarización se fue variando el potencial en escalones de igual valor y se espero siempre el mismo tiempo antes de leer la corriente; para ello cada electrodo de trabajo fue colocado en la solución y polarizado potenciostaticamente dentro de los 15 minutos de inmersión, usando un potenciostato EGG Princeton, modelo 3417 (+/- 30 V – 1 A). Primeramente se midió el potencial a circuito abierto y luego se polarizo catódica y anodicamente a intervalos de 70 segundos entre cada polarización.



Las reacciones anódica y catódica que se produjeron en las interfaces antes mencionadas son:

Catódica: $O_2 + 2\,H_2O + 4e \rightarrow 4(OH)^-$

Anódica $Fe^{++} \rightarrow Fe^{+++} + 1e$

La presencia de oxigeno disuelto posibilita la corrosión de la especie, no siendo viable la reacción catódica de reducción de iones H^+. Los potenciales de corrosión se ubicaron del lado noble con referencia a la evolución de H.
La probeta de acero inoxidable AISI 316 posee un potencial de corrosión (E_{corr}) de –103 mV frente a ECS y una velocidad de corrosión (VC) de 12,10 $\mu A/cm^2$ lo que equivale a 30,225 mdd (miligramos de desgaste por dia y por decimetro cuadrado) o 0,138 mm. de penetración por cada año de presencia continuada del electrolito estanco; si anteriormente mencionamos que la tubería en estudio posee 2,9 mm. de espesor se necesitaran mas de 21 años para la perforación de la tubería.
Con referencia a la corrosión en rendijas, esta posee un Equivalente de resistencia a la crevice corrosion (CCRE) muy similar al PRE antes mencionado, por lo que los aceros inoxidables austeniticos de alta performance quedan excluidos de este tipo de ataque corrosivo. (22)
Los aceros inoxidables austeniticos convencionales presentan el mismo inconveniente que en la corrosión por picado pero el autor John Sedriks en su libro Corrosion of Stainless Steels nos indica que la probabilidad de iniciación de la crevice corrosion en agua de mar estanca a 15 C para un AISI 316 es del 2 % y que la profundidad máxima de ataque para el mismo acero es de 0,03 mm. (23)

Conclusiones

*-. El reemplazo de las tuberías de Cuproniquel con Hierro que conducen agua de mar natural es viable. Estas deben ser sustituidas por otras de acero inoxidable de estructura austenitica.

*-. Los aceros inoxidables austeniticos de sustitución deben poseer una velocidad de circulación igual o superior a 5 m/seg.

*-. Los aceros inoxidables austeniticos de alta performance o superausteniticos no presentan ningún tipo de inconveniente para el reemplazo, mientras que en caso de los AIA convencionales se recomienda el uso del AISI 316 estabilizado o del AISI 316L. Una de las ventajas del uso de estos AIA convencionales es su fabricación nacional.

Referencias

1-. Uhlig H. "Corrosion and its control" EE.UU. J. Wiley & sons Inc

2-. Bradley J. "Recents developments i n copper base alloys for naval applications" International Metallurgical Review 17, 1972

3-. North R. "The influence of corrosion products in CuNi alloys" U. K. Corrosion Science 10, 1971

4-. Metals Handbook – Phase Diagrams EE. UU. 1982

5-. Uhlig H. "Corrosion Handbook" EE.UU. J. Wiley & sons 1971

6-. Efird K. "Potential-pH Diagram for 90:10 and 70:30 CuNi in Seawater" EE. UU. Corrosion 31, 1975

7-. Jones D. "Analysis of Cathodic Protection" EE. UU. Materials Performance 1973

8-. Crenell J. "Cathodic Protection: Some Uncertainties" EE.UU. Materials Performance 21, 1981

9-. Blundy R. – Prior M. "The potential dependence of reactions products on CuNi alloys" U. K. Corr. Science 12, 1972

10-. La Que Marine Corrosion Causes and prevention EE. UU. J. Wiley & sons 1975

11-. Simoncini P.– Sánchez M. "Efecto de la temperatura sobre las transformaciones metalúrgicas de las aleaciones CuNi" XXII IACChE 2006 – V CAIQ

12-. Simoncini P. "Mild Steel Sacrificial Anodes in Copper Base Alloys (CuNiFe). Applied Investigation in Sea Water Refrigerated Systems" 1st Mexican Congress. Mexico 1990

13-. Calvo Rodes R. "Prontuario Metalotecnico" España 1978

14-. Barret H.-Massalski N. "Structure of Metals" McGraw-Hill Series 1978

15-. Shewmon R. "Transformations in Metals" McGraw-Hill Series 1981

16-. Metal Handbook

17-. Jones D. "Analysis of Cathodic Protection Criteria" EE.UU. Corrosion 1976

18-. Normas ASTM Part 1 Ferrous Metals EE.UU. 1980

19-. Todd B.- Oldfield J. "The Use of Stainless Steels and its Alloys in Desalinization Plants" Inter. Maritime Conference Bahrain 1984

20-. Fukuzuka T. "Relationships of Service Conditions in Seawater" 99th Japan Steel Association Convention 1980

21-. EG&G Princeton Applied Research "Application Note Corr" EE.UU. 1980

22-. Andersson D. "Statical Aspects of Crevice Corrosion in Seawater" ASTM STP-576 EE.UU. 1976

23-. Sedriks J. Corrosion of Stainless Steels EE. UU. J. Wiley & sons 1975

Simulation-based Design for Maritime Structures

Volker Bertram, Germanischer Lloyd, Hamburg/Germany

volker.bertram@GL-group.com

An overview of simulations for assorted advanced analyses for maritime structures is given. These structures include fixed and floating offshore structures as well as ships. The overview is intended to give an introduction to the multitude of simulation tools, seen from an industry perspective. The individual techniques are discussed, and suitable tools are recommended. Trends are discussed and illustrated by standard and pioneering applications. The overview covers structural analyses and flow analyses, seakeeping in particular, but considers also aerodynamic flows, HVAC and fire simulations, as well as evacuation simulations.

1. Introduction

The design of ships and offshore structures is increasingly supported by sophisticated analyses. Traditionally, this design has been based on experience. This is still true to some extent, but increasingly we rely on "virtual experience" from dedicated and well chosen simulations. Scope and depth of these simulations guiding our decisions in design and operation of ships have developed very dynamically over the past decade. We describe here the state of the art as reflected in our work, building on previous work for ships, *Fach and Bertram (2006), Bertram and Couser (2007), Bertram (2008),* but now with particular focus on applications for ocean engineering structures.

2. Computational Fluid Dynamics (CFD)

For the scope of this paper we interpret Computational Fluid Dynamics (CFD) to be a numerical, computer-based simulation of a fluid flow, modeled by solving a set of field equations describing the dynamics of the fluid flow. In this context, the field equations are (in increasing order of simplification), *Bertram (2000):*

1. Navier-Stokes equations. For practical problems, the Navier-Stokes equations can only be solved by making certain simplifications leading to the
2. Reynolds averaged Navier-Stokes equations (RANSE). These can be used to solve viscous fluid flows. Removal of the viscous components of the model yields the
3. Euler equations, which are often used in aerodynamic problems where compressibility is important. For ship-flow simulation they are less widely used. Removal of the compressibility terms gives the
4. Laplace and Bernoulli equations (potential flow). Because the effects of viscosity are often limited to a small boundary layer (for streamlined bodies with no separation), potential flow models are very useful, particularly for free surface flows.

While in principle there could be many combinations of field equations and numerical techniques, in practice we see predominantly RANSE solvers for solving viscous flows and Laplace/Bernoulli solvers using boundary element methods (BEM) or simpler analytic-numeric methods for inviscid, potential flow.

2.1. Seakeeping

For many seakeeping issues, linear analyses (assuming small wave height or small wave steepness) are appropriate and frequently applied due to their efficiency. The advantage of this approach is that it is very fast and allows thus the investigation of many parameters (frequency, wave direction, ship speed, metacentric height, etc.). Linear approaches may also be used for most mooring applications, *Schellin and Östergaard (1995)*, even for estimates of second-order drift forces. They are also applicable for multi-body analyses in moderate waves. Non-linear computations employing time-domain approaches are usually necessary for the treatment of extreme motions or extreme waves (as in slamming applications). These simulations require massive computer resources and allow only the simulation of relative short periods (seconds to minutes). Although the underlying physical models are crude, strip methods are able to calculate most seakeeping properties of practical relevance accurately enough for long and slender monohulls. Strip methods are generally applicable up to Froude numbers of 0.4, which is ample for ocean engineering applications. See *Bertram (2008)* for seakeeping methods for fast ships.

For zero-speed offshore structures, 3-d potential flow codes based on Green function methods (GFM) are the standard tool. These work well for zero and low Froude numbers, but are computationally expensive for high Froude numbers, unless (unphysical) simplifications are introduced. These codes frequently also neglect the real average floating position of the vessel at design speed and compute for the zero-speed floating position. For comparative evaluations, for heave and pitch motions, this approach is OK. Alternatively, 3-d Rankine Singularity Methods (RSM) may be used, but these have problems to enforce correct wave propagation for all speed-frequency combinations in frequency domain and are time-consuming in time-domain simulations. Some pioneering RANSE applications have appeared. Computing power is now the main limiting factor: even when powerful computer clusters are employed, simulations are limited to a few seconds. RANSE simulations make sense for strongly non-linear cases complex geometries of water surface or offshore structure, Fig.1, *El Moctar et al. (2007).*

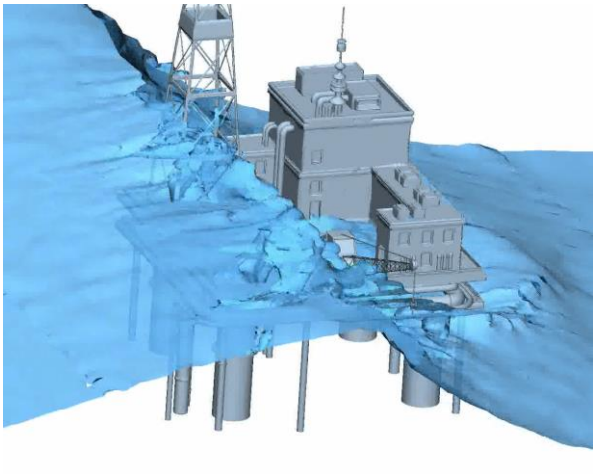


Fig.1: CFD simulation of platform in extreme waves

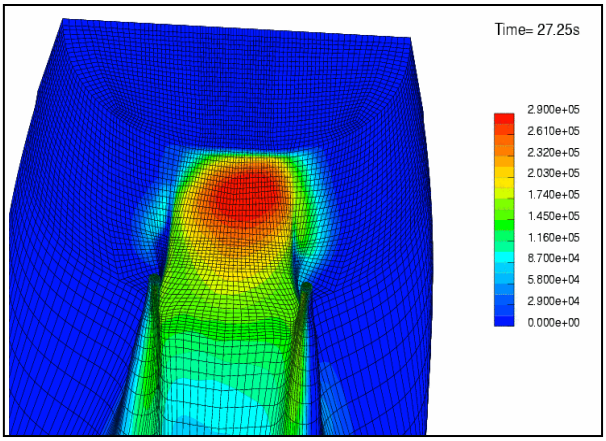


Fig.2: Slamming pressures on LNG tanker stern

In practice, the designer will probably use GFM software for most problems. RANSE methods may be employed by experts for a few specific, highly non-linear problems. Combining intelligently linear frequency-domain methods with nonlinear time-domain simulations allows exploiting the respective strengths of each approach, *El Moctar (2005).* The linear analysis identifies then the most critical parameter combination for a ship response. The subsequent non-linear CFD (Computational Fluid Dynamics) analysis determines motions, loads and free surface (green water on deck).

Offshore structures feature typically a variety of relatively thin cylindrical structures, e.g. tubular elements to connect buoyancy components and platform, marine risers, or mooring cables. The hydrodynamic forces on these `hydrodynamically transparent' structures are dominated by viscous effects. Traditionally, the Morison formula has been applied to estimate the forces in seaways for these elements. Despite its undeniable usefulness, the Morison formula is not applicable to cases with background currents or interaction between several such elements. For such more complicated effects, experience based estimates are gradually replaced by CFD simulations.

2.2. Slamming loads

Slamming problems, even for 2d applications, remain a challenge. They involve rapidly changing local loads; hydro-elastic effects; interaction between trapped air pockets and the surrounding water; compressibility of water in local regions, leading to the formation of shock waves; and complex water surface shapes due to the formation of jets. Traditional approaches work well for two-dimensional flows around wedges of suitable deadrise angle, but real geometries are 3-d and do not have 'suitable' deadrise angles! CFD simulations have progressed immensely over the last decade, but are still limited to research applications. None of the methods developed so far incorporate all relevant phenomena and adaptive grid techniques appear mandatory to allow realistic computations in an acceptable time. Design engineers will continue to use the recommendations made by classification societies, which are in turn developed using a mix of full-scale experience, model tests and advanced simulations. Fluid-structure interaction is a topic of increasing importance in our experience. In a weak coupling, the computed pressures from the seakeeping analyses are used to compute the structural response to these forces. In a strong coupling, the hydrodynamic and the structural problem are solved simultaneously. The hydrodynamic model then considers the deformation of the hull, the structural model the loads from the hydrodynamics, Fig.2, *Oberhagemann et al. (2008).*

2.3. Sloshing

Sloshing is a strongly non-linear phenomenon featuring often spray formation and plunging breakers. Only surface-capturing methods can reproduce these features. *Bertram et al. (2003)* applied Comet to sloshing problems, employing the RNG-k-ε turbulence model. The test cases

were the simple rectangular Ship Research Institute (SRI) tank and the Euroslosh tank of Sirehna, which includes one internal stiffener. The tanks were investigated in pure sinusoidal horizontal respectively roll motion. Fig.3 shows a typical time instant of the sloshing motion with wave breaking and air entrapment. Foam formation observed in the experiments can only be approximated by the present method in employing a rather coarse grid with a smearing between air and water phase. This also results in larger discretisation errors. Fig.4 compares measured and computed pressures at one point, indicating the high quality of the simulations. The computed sloshing motion agreed also well with videos of the experiments. Extensive experience gathered over the last 5 years allows today the numerical prediction of sloshing loads in ships with great confidence. While the validation cases are de facto two-dimensional and simple in geometry, complex three-dimensional tanks as found e.g. in the bow have been modeled and pose no principal problems for the simulation tools. More recently, coupled simulations of ship motions in waves with sloshing inside tanks have been performed, Fig.5, Peric et al. (2007). In the simulation, forces and moments exerted by the sea cause the vessel to move, exciting sloshing in the tanks. The sloshing in turn influences the ship motion.

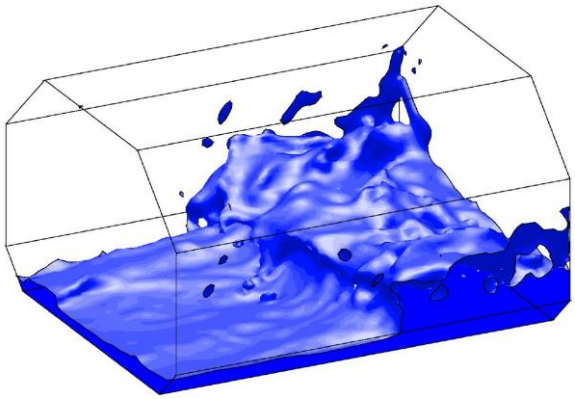


Fig.3: Sloshing simulation

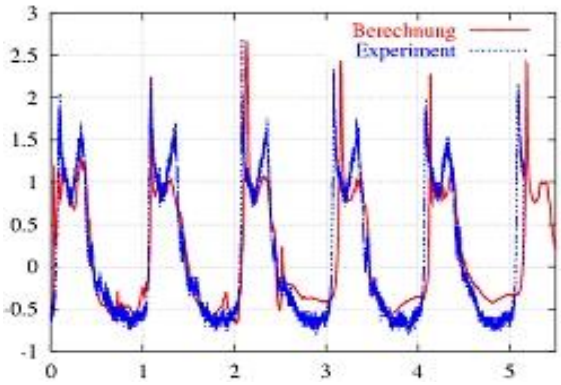


Fig.4: Measured and computed pressures for sloshing test case SRI tank

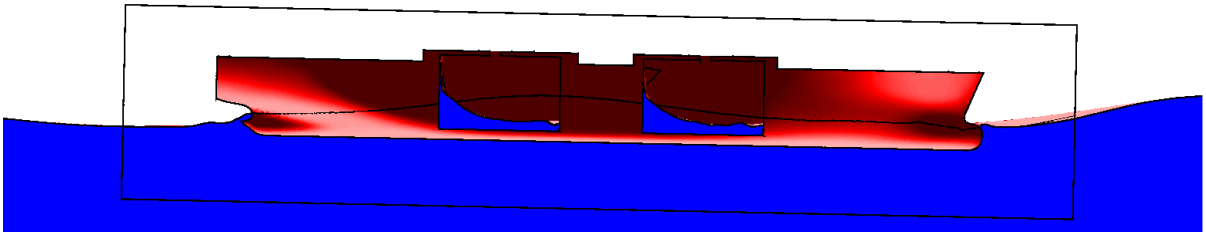


Fig.5: Coupled computation of sloshing and seakeeping

3. Further Flow Simulations

3.1. Vortex-induced vibrations

Elastic structures may be excited to vibrate even in steady inflow. The reason lies in unsteady vortex streets forming downstream of the structures, exciting vibrations at a natural frequency of the structure. Such vortex-induced vibrations may occur in hydrodynamic flows (e.g. risers) or in aerodynamic flows (e.g. cables or funnels). For complex systems like ships or FPSOs, there are many degrees of freedoms for local and global vibrations and these may be excited by vortex shedding at many local structures, typically at appendages or hull openings. The traditional trial-and-error approach to localise the source of vortex-induced vibrations may today be replaced by a more time and cost efficient search guided by CFD and vibration analyses, Fig.6, *Menzel et al. (2008), Köhlmoos and Bertram (2009).*

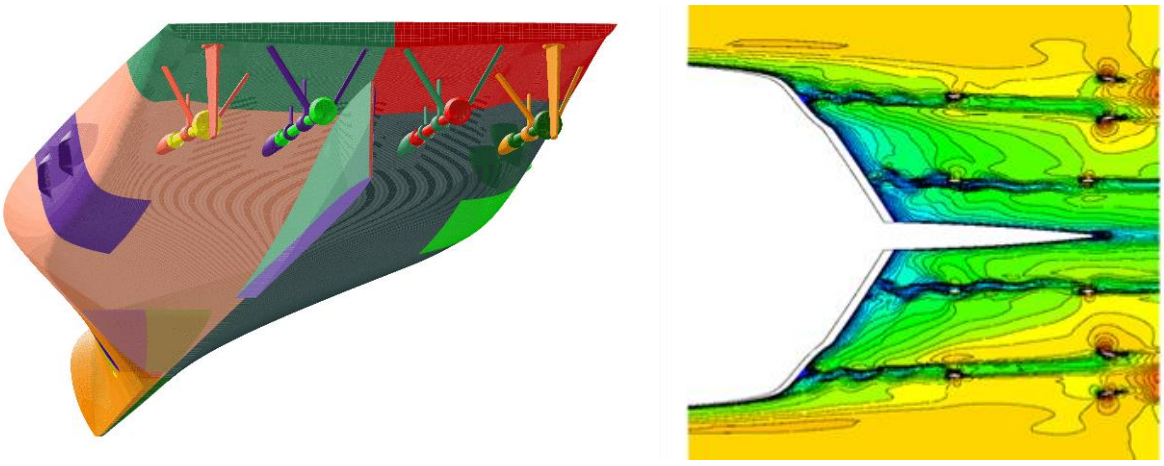


Fig. 6: Hull with appendages; vortex-shedding at propeller shafts

3.2. HVAC and fire simulations

Aerodynamic flows around ship superstructures can be computed by CFD, Fig.7, although wind tunnel tests still are popular and widely used. CFD offers the advantage of overcoming scale effects which can be significant if thermodynamic processes are involved, *El Moctar and Bertram (2002).* HVAC (heat, ventilation, air condition) simulations involve the simultaneous solution of fluid mechanics equations and thermodynamic balances, often involving concentrations of different gases. Super and mega yacht applications include for example smoke propagation and flow

conditions (buoyancy and turbulence) on helicopter decks affecting safe helicopter operation. At present, zone models and CFD tools are considered for fire simulations in ships. Zone models are suitable for examining more complex, time-dependent scenarios involving multiple compartments and levels, but numerical stability can be a problem for scenarios involving multi-level ship domains, HVAC systems and for post-flashover conditions. CFD models can yield detailed information about temperatures, heat fluxes, and species concentrations. However, the time penalty of this approach currently makes CFD unfeasible for long periods of real time or for large computational domains. Nevertheless, applications have graduated from preliminary validation studies to more complex applications for typical ship rooms (accommodation, atrium, engine room), Fig.8, *Bertram et al. (2004)*.

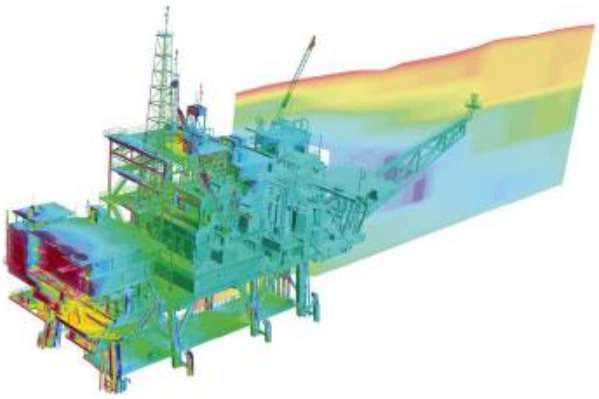


Fig.7: CFD aerodynamic simulation

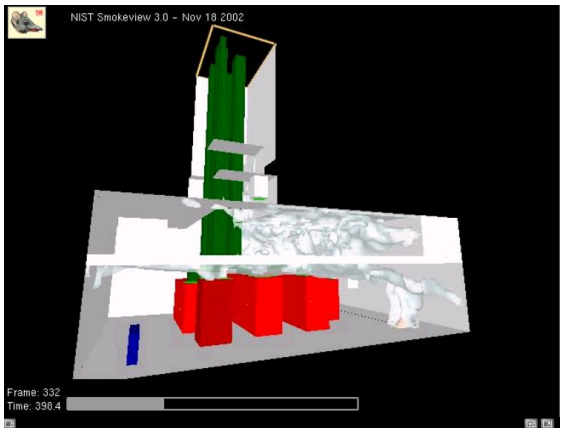


Fig.8: Fire simulation in engine room

3.3. Evacuation simulation

First simulations of traffic flows in buildings were based on simple hydraulic models. These have been replaced by more advanced simulations based on discrete event simulation techniques. In these models, the ship or offshore habitat is represented by a simplified grid of different cell types (accessible floor, doors, stairs, obstacles/walls), Fig.9. Passengers and crew are represented by intelligent agents. Evacuation assessment became a major topic at the International Maritime Organization (IMO) after the loss of the 'Estonia', resulting in new requirements for evacuation analyses in an early stage of the design process, IMO (2002). Germanischer Lloyd and TraffGo have developed the software AENEAS for this purpose. Evacuation analyses focus on safety, but the tool can be used also for the optimization of boarding and de-boarding processes, *Petersen et*

al. (2003), or space requirements for promenades on cruise ships and large RoPax ferries. These simulations are very fast, allowing typically 500 simulations within one hour, to gain a broad basis for statistical evaluation. Germanischer Lloyd has developed an integrated methodology called NESTOR, *Petersen and Voelker (2003),* combining fire simulations with the Multi Room Fire Code, evacuation simulation with AENEAS and an Event Tree Analysis for risk assessment. *Meyer-König et al. (2005)* coupled seakeeping simulations and evacuation simulations in a semi-empirical approach to find the influence of ship motions on evacuation times. Since trim and pitch angles are usually relatively small, their effect is mostly negligible. Roll motions were found to be less critical than static heel for evacuation time.

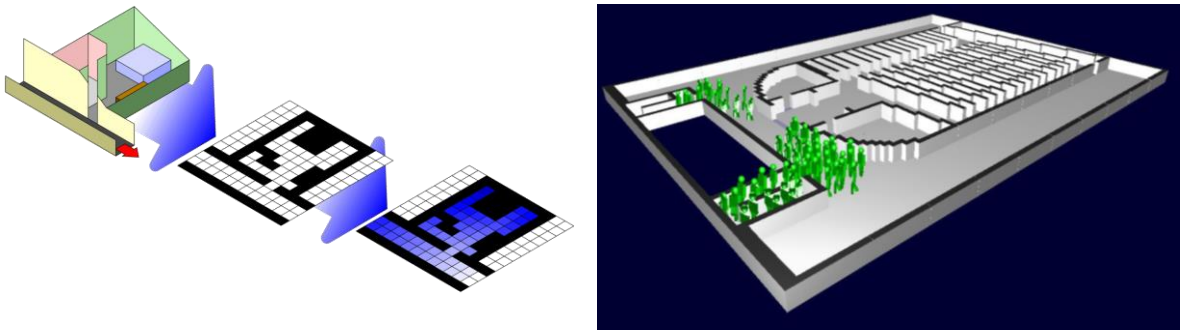


Fig. 9: Steps to AENEAS model from CAD model to cells with assigned information

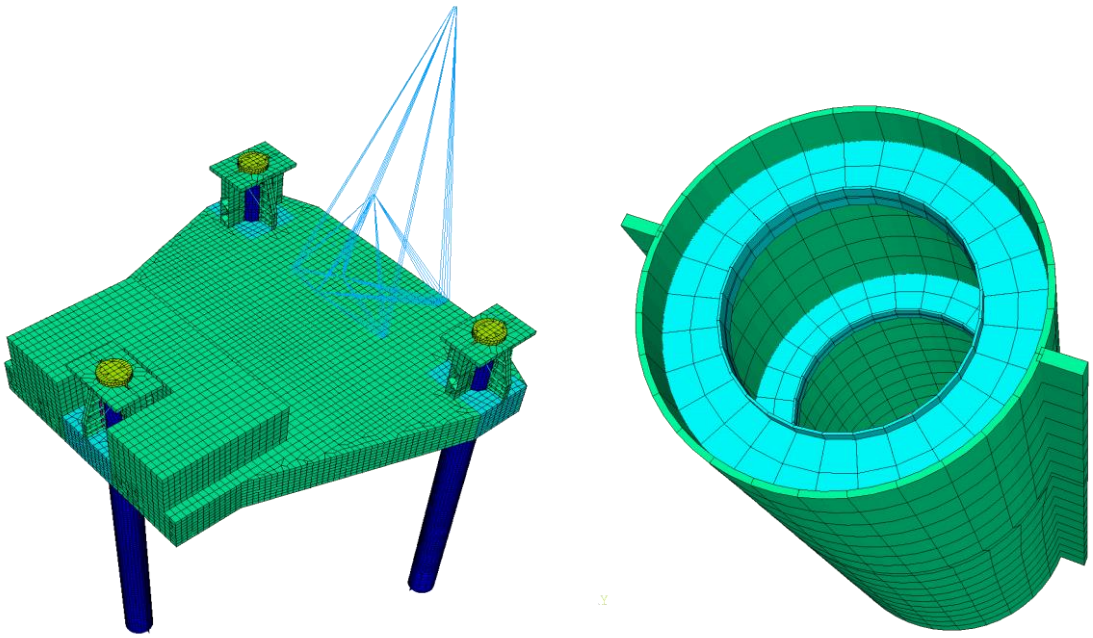


Fig.10: Finite Element Analysis for offshore platform connection

4. Structural Analyses

4.1. Finite Element Analyses (FEA)

FEA for global strength within the elastic material domain have been standard for a long time. The analyses are not limited to ship hulls, but are also regularly applied to offshore structures and equipment (e.g. gearboxes, engines, cranes, etc.), Fig.10. These simulations were the starting point for more sophisticated analyses, e.g. fatigue strength assessment, ultimate strength assessment, etc., Fig.11.

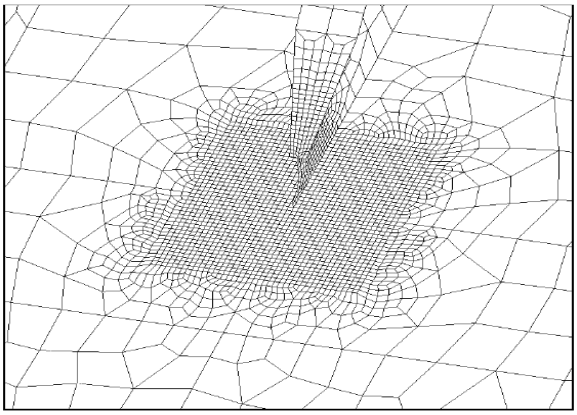


Fig.11: FEA detail for fatigue strength

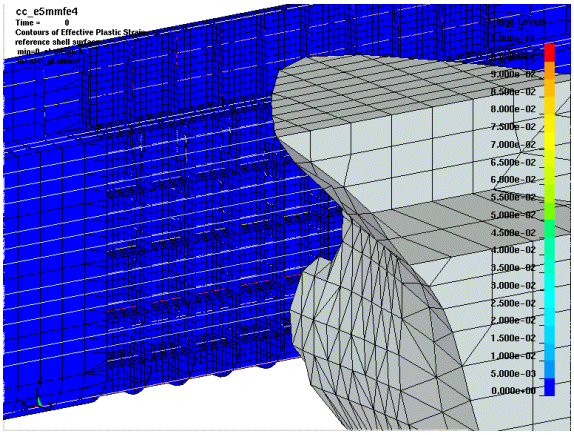


Fig.12: FEA for collision analysis

Until 1998, the SOLAS regulations on subdivision and damage stability specified damage stability requirements only for cargo ships longer than 100 m. Since 1998, this limit has been lowered to 80 m for new cargo ships. Additional transverse bulkheads to fulfil damage stability requirements are costly and restrict operations. However, the new SOLAS regulations permit for some ships alternative arrangements, provided that at least the "same degree of safety" is achieved. This notation allows some flexibility of structural designs supported by advanced simulations. E.g. a structural design having increased collision resistance thus reducing the probability of penetration of the inner hull could eliminate the need for additional bulkheads. Based on extensive FEA simulations for ship collisions, Germanischer Lloyd developed an approval procedure which provides the first such standard for evaluation and approval of alternative solutions for design and construction of these ships, *Zhang et al. (2004)*, Fig.12. The basic philosophy of the approval procedure is to compare the critical deformation energy in case of side collision of a strengthened

structural design to that of a reference design complying with the damage stability requirement described in the SOLAS regulation.

Finite-element analyses (FEA) require load specifications which for ships involve frequently external hydrostatic and hydrodynamic loads. GL.ShipLoad, *Cabos et al. (2006),* supports efficient load generation for global FEA of ship structures. Hydrostatic and hydrodynamic computations are integrated into the program. GL.ShipLoad supports the generation of loads from first principles (realistic inertia and wave loads for user supplied wave parameters), but the program also aids in the selection of relevant wave situations for the global strength assessment based on bending moments and shear forces according to Germanischer Lloyd's rules. The result is a small number of balanced load cases that are sufficient for the dimensioning of the hull structure.

4.2. Vibrations and acoustics

Advances in computer methods have made 3-d FEA today the standard choice for ship vibration analyses, *Asmussen and Mumm (2001).* The computations require longitudinal mass and stiffness distribution as input. The mass distribution considers the ship, the cargo and the hydrodynamic 'added' mass, Fig.13. The added mass reflects the effect of the surrounding water and depends on the frequency. One can either use estimates based on experience or employ sophisticated hydrodynamic simulations. For local vibrations analyses, Fig.14, added mass needs to be considered if the structures border on tanks or the outer hull plating. Because of the high natural frequencies of local structures, FEA models must be detailed including also the bending stiffness of structural elements.

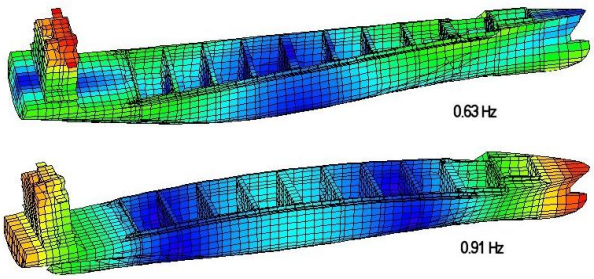


Fig.13: Global FEA vibration model

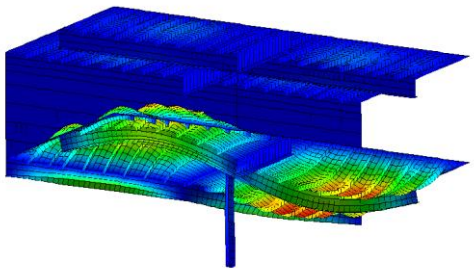


Fig.14: Local FEA of deck vibrations

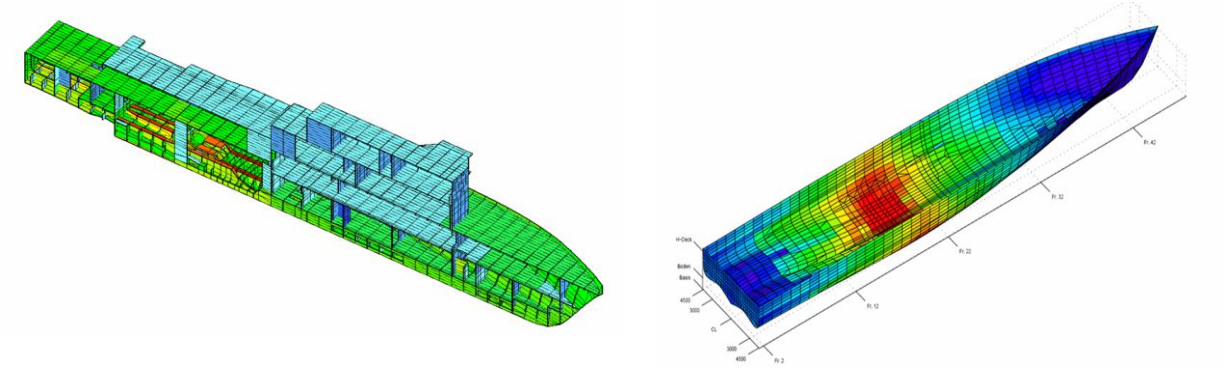


Fig.15: Structure-borne noise validation; grid (left) and computed noise level on hull (right)

For very high frequencies (structure-borne noise), the standard FEA approach to vibration analyses is impossible due to excessive computational requirements. For a typical passenger vessel for a frequency of 1000 Hz, a FEA vibration model would lead to several million degrees of freedom. However, the very fact that information is required only averaged over a frequency band allows an alternative, far more efficient approach based on statistical energy analysis (SEA). The Noise Finite Element Method (GL NoiseFEM) of Germanischer Lloyd, *Cabos and Jokat (1998), Cabos et al. (2001),* is based on a related approach. GL NoiseFEM predicts the propagation of noise by analyzing the exchange of energy between weakly coupled subsystems. Validation with full-scale measurements shows that the accuracy of GL NoiseFEM is sufficient for typical structure-borne sound predictions for the frequency range between 80 Hz and 4000 Hz, *Wilken et al. (2005).* While further development is still needed, structure-borne noise analyses have been validated with good agreement on the wetted shell. Reliable prediction of the structure-borne noise is an important step towards predicting radiated noise of vessels. In the meantime, GL NoiseFEM structure-borne noise analyses are already applied to support the design of navy ships and customer-made yachts, Fig.15.

5. Conclusion

The technological progress is rapid, both for hardware and software. Simulations for numerous applications now often aid decisions, sometimes ‘just’ for qualitative ranking of solutions, sometimes for quantitative ‘optimization’ of advanced engineering solutions. Continued validation feedback serves to improve simulation tools as well as it serves to build confidence.

However, advanced simulation software alone is not enough. Engineering is more than ever the art of modelling, finding the right balance between level of detail and resources (time, man-power). This modelling often requires intelligence and considerable (collective) experience. The true value offered by advanced engineering service providers lies thus not in software licenses or hardware, but in the symbiosis of highly skilled staff and these resources.

Acknowledgements

Many colleagues at Germanischer Lloyd have supported this paper with their special expertise, supplying text and/or figures, namely (in alphabetical order) Bettar El Moctar, Axel Köhlmoos, Holger Mumm, Jan Oberhagemann, Tobias Zorn.

References

ASMUSSEN, I.; MUMM, H. (2001), *Ship Vibration*, GL Technology, Germanischer Lloyd.

BERTRAM, V. (2008), *Appropriate tools for flow analyses for fast ships*, 4th Int. Conf. High-Performance Marine Vehicles (HIPER), Naples, pp.1-9.

BERTRAM, V.; CAPONNETTO, M.; EL MOCTAR, O.M. (2003), *RANSE simulations for unsteady marine two-phase flows*, RINA CFD Conf., London

BERTRAM, V.; COUSER, P. (2007), *CFD possibilities and practice*, The Naval Architect, September, pp.137-147.

BERTRAM, V., EL MOCTAR, O.M.; JUNALIK, B.; NUSSER, S. (2004), *Fire and ventilation simulations for ship compartments*, 4th Int. Conf. High-Performance Marine Vehicles (HIPER), Rome, pp.5-17.

CABOS, C.; EISEN, H.; KRÖMER, M. (2006), *GL.ShipLoad: An Integrated Load Generation Tool for FE Analysis*, 5th Int. Conf. Computer and IT Applications to the Maritime Industries (COMPIT), Oegstgeest, pp.199-210.

http://www.ssi.tu-harburg.de/doc/webseiten_dokumente/compit/dokumente/compit2006_oegstgeest.pdf

CABOS, C.; JOKAT, J. (1998), *Computation of structure-borne noise propagation in ship structures using noise-FEM*, 7th Int. Symp. Practical Design of Ships and Mobile Units (PRADS), The Hague, pp.927-934.

CABOS, C.; WORMS, C.; JOKAT, J. (2001), *Application of an energy finite element method to the prediction of structure borne sound propagation in ships*, Int. Congr. Noise Control Engineering (INTERNOISE), The Hague, pp.1369-1374.

EL MOCTAR, O.M. (2005), *Computation of slamming and global loads for structural design using RANSE*, 8th Num. Towing Tank Symp. (NuTTS), Varna

EL MOCTAR, O.M; BERTRAM, V. (2002), *Computation of viscous flow around fast ship superstructures*, 24th Symp. Naval Hydrodyn., Fukuoka

EL MOCTAR, O.M.; SCHELLIN, T.E.; PERIC, M. (2007), *Wave load and strucural analysis for a jack-up platform in freak waves, 26th Int. Conf. Offshore Mechanics and Arctic Engineering (OMAE),* San Diego

FACH, K.; BERTRAM, V. (2006), *High-performance simulations for high-performance ships,* 5th Int. Conf. High-Performance Marine Vehicles (HIPER), Launceston, pp.455-465.

IMO (2002), *Interim guidelines for evacuation analyses for new and existing passenger craft*. MSC/Circ.1033, International Maritime Organization

KÖHLMOOS, A.; BERTRAM, V. (2009), *Vibration analysis for a mega yacht,* RINA Conf. Design, Construction & Operation of Super & Mega Yachts, Genoa.

MENZEL, W.; EL MOCTAR, O.M.; MUMM, H. (2008), *Advanced thinking on tricky excitations*, The Naval Architect, March, pp.64-66.

MEYER-KÖNIG, T.; VALANTO, P.; POVEL, D. (2005), *Implementing ship motion in AENEAS - Model development and first results*, 3rd Int. Conf. Pedestrian and Evacuation Dynamics, Vienna

OBERHAGEMANN, J.; EL MOCTAR, O.M.; HOLTMANN, M.; SCHELLIN, T.; BERTRAM, V.; KIM, D.W. (2008), *Numerical simulation of stern slamming and whipping,* 11th Numerical Towing Tank Symp., Brest

PERIC, M.; ZORN, T.; EL MOCTAR, O.M.; SCHELLIN, T.; KIM, Y.S. (2007), *Simulation of sloshing in LNG-tanks,* 26th Conf. Offshore Mechanics and Arctic Engineering (OMAE), San Diego

PETERSEN, U.; MEYER-KÖNIG, T.; POVEL, D. (2003), *Optimising boarding and de-boarding processes with AENEAS*, 7th Int. Conf. Fast Sea Transportation (FAST), Ischia, pp.9-16.

PETERSEN, U.; VOELKER, J. (2003), *Deviating from the rules – ways to demonstrate an equivalent level of safety*, World Maritime Technology Conf., San Francisco

SCHELLIN, T.E.; ÖSTERGAARD, C. (1995), *The vessel in port: Mooring problems*, Marine Structures 8(5), pp.451-479.

WILKEN, M.; CABOS, C.; SEMRAU, S.; WORMS, C.; JOKAT, J. (2004), *Prediction and measurement of structure-borne sound propagation in a full scale deckhouse-mock-up*, 9th Int. Symp. Practical Design of Ships and Mobile Units (PRADS), Lübeck-Travemünde, pp.653-659.

ZHANG, L.; EGGE, E.D.; BRUHNS, H. (2004), *Approval procedure concept for alternative arrangements*, 3rd Int. Conf. Collision and Grounding of Ships (ICCGS), Tokyo pp.87-96.

PLANEJAMENTO DE UM SISTEMA DE TRANSSHIPMENT PARA A EXPORTAÇÃO DE CARVÃO UTILIZANDO SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS

R. C. S. SILVA
(Escola Politécnica - USP, São Paulo, SP, Brazil)

R. C. BOTTER
(Escola Politécnica - USP, São Paulo, SP, Brazil)

E. F. C. TREVISAN
(Escola Politécnica - USP, São Paulo, SP, Brazil)

A. C. MEDINA
(Escola Politécnica - USP, São Paulo, SP, Brazil)

N. N. PEREIRA
(Escola Politécnica - USP, São Paulo, SP, Brazil)

J. F. NETTO
(Escola Politécnica - USP, São Paulo, SP, Brazil)

RESUMO: O presente trabalho relata um caso de *transshipment* no transporte marítimo de carvão. O granel em questão é oriundo de Moatize (Moçambique), e devido às baixas profundidades do canal de acesso do porto em análise, o *transshipment* faz-se necessário no atendimento a navios oceânicos de grande porte. Para a abordagem deste problema foi utilizada a técnica de simulação de eventos discretos, e o modelo de simulação desenvolvido é capaz de fornecer diversas respostas do sistema às diferentes configurações propostas. Nesse sentido, são apresentados os resultados das simulações do sistema considerado, bem como das análises de sensibilidade das taxas de produtividade dos equipamentos portuários, dos impactos das interferências meteorológicas no sistema, além das tentativas de se mitigar estas interferências, entre outros. Desta maneira, permite-se ao analista do problema obter todos os dados necessários e relevantes ao planejamento e dimensionamento deste sistema de *transshipment*, além de prover um auxílio à tomada de decisão com base em análises e comparações de diversas alternativas viáveis.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por objetivo apresentar o dimensionamento de um sistema de *transshipment* para a exportação de carvão de uma empresa brasileira, que tem um projeto para exportação de cerca de 12 milhões de t/ano de carvão de Moatize (Moçambique), no continente africano.

A empresa transportará o carvão por ferrovia até um porto, através do qual o produto será escoado por via marítima. Diversos *sites* portuários foram analisados e, em um destes, devido às restrições de calado, o berço conseguirá atender somente a embarcações pequenas, do porte *Handymax* (geralmente com carga na faixa de 35.000 a 55.000 dwt, comprimento entre 150 e 200 m e calado ao redor de 11 m), o que implica na necessidade de um sistema de *transshipment* que movimente o carvão entre o porto e uma área marítima localizada a cerca de 50 km de distância, onde podem ser atendidos navios de maior porte.

Atualmente, muitas embarcações *Handymax* são utilizadas em operações de *transshipment* ao redor do mundo. Estas operações são necessárias em terminais com dificuldade em atender embarcações de grande porte. Além disso, nota-se uma tendência no uso deste tipo de sistema em face ao aumento mundial na demanda por granéis e no congestionamento dos grandes portos e terminais.

No caso deste site africano em estudo, pretende-se transferir o carvão por meio de embarcações *Handymax* equipadas com *grabs*, transportadores e um carregador de navio que fará *transshipment* para as embarcações maiores, do porte *Panamax* (até 80.000 dwt) e *Capesize* (com até 150.000 dwt).

Sendo assim, no sistema considerado, o Navio Oceânico (*Ocean Going Vessel* – OGV) é carregado através da operação de *transshipment*, entretanto, quando o OGV é do porte de um navio *Handymax*, este acessa o terminal diretamente, sem necessitar da operação de transbordo. A unidade de *transshipment* (*Transshipment Unit* – TU) é designada para operat somente entre o terminal de Beira e a região onde ocorre efetivamente o transbordo da carga.

Neste sentido, o presente trabalho apresenta análises de diversos cenários deste sistema. Todas as análises foram realizadas através do modelo de simulação desenvolvido com o objetivo de:

- Representar a operação do sistema de escoamento de carvão pelo porto de Beira, desde o carregamento dos navios *Handymax* utilizados, em ciclo fechado, na

operação de *transshipment* até o efetivo carregamento dos navios de maior porte, fundeados em um quadro de bóias a cerca de 50 km no mar;

- Dimensionar a frota de navios *Handymax* (TU's) necessária para o escoamento da demanda prevista;
- Incorporar as restrições de maré para a entrada e a saída do canal do porto e as condições atmosféricas adversas que podem retardar ou interromper as operações de *transshipment*;
- Avaliar diversas condições de carregamento dos navios que farão o transbordo da carga, de tal forma que a operação seja viabilizada.

Além disso, buscou-se avaliar os *trade-offs* existentes no problema, como, por exemplo, utilizar o menor número de embarcações *Handymax* possível no sistema de *transshipment*, e por outro lado reduzir o valor do *demurrage* anual a ser pago pela empresa no atendimento aos navios oceânicos.

2 METODOLOGIA DO SIMULADOR

Para o estudo do sistema de *transshipment*, dado que este opera em um ciclo fechado, buscou-se base metodológica em diversos trabalhos da literatura que versam sobre este tipo de ciclo. Na literatura brasileira foram abordados, neste contexto, as publicações de Mesquita (1994) e de Mendes (1999) aplicados a sistemas hidroviários, e os trabalhos de Ono (2001), Yaguiu (2006) e Aragão (2009) aplicados ao transporte marítimo.

No que tange ao desenvolvimento do modelo de simulação, a metodologia utilizada foi baseada nos passos propostos por Pedgen et al. (1995) e posteriormente modificados por Botter (2002). Estas etapas são compostas basicamente por:

a) Definição do problema;
b) Planejamento do projeto;
c) Definição do sistema;
d) Formulação conceitual do modelo;
e) Projeto preliminar do experimento;
f) Preparação dos dados de entrada;

g) Codificação do modelo;
h) Verificação e validação do modelo;
i) Projeto final do experimento;
j) Experimentação e análises de sensibilidades;
k) Análise e interpretação dos resultados;
l) Implementação e documentação.

Paralelamente, os trabalhos de Aragão (2009) e Chwif e Medina (2006) nortearam o desenvolvimento da ferramenta de simulação. Estes autores dividem a elaboração do modelo em três etapas principais:

a) Concepção: onde define-se o sistema, os objetivos e realiza-se o levantamento de dados e a modelagem conceitual;
b) Implementação: elabora-se o modelo computacional propriamente dito, sua verificação e validação;
c) Análise: onde são realizadas as simulações desejadas, análises de sensibilidade e análise de resultados.

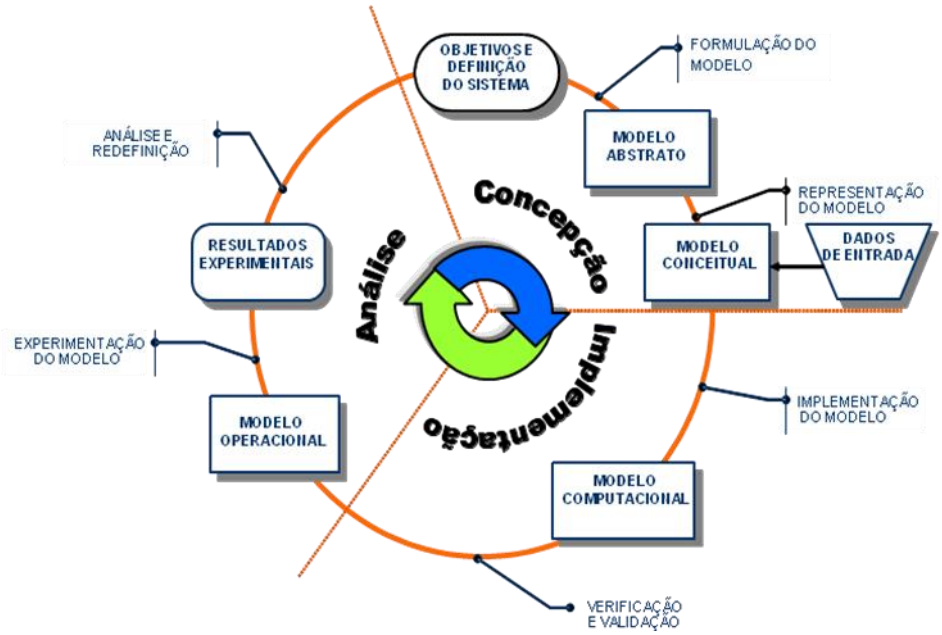


Figura 1: Metodologia de desenvolvimento modelo de simulação

Fonte: Chwif e Medina (2006) e Aragão (2009)

3 PARÂMETROS ANALISADOS

Após a conclusão das etapas de concepção e implementação do modelo, foram definidos diversos cenários de análise e avaliação do sistema, de forma a se obter um dimensionamento adequado deste. As principais variáveis analisadas foram as seguintes:

- Taxas de produtividade de carregamento no terminal, e as taxas de produtividade de descarga, na operação de transbordo do carvão;
- Tempo de atracação e desatracação;
- Tempo de viagem entre o terminal e a região onde será realizado o *transshipment*;
- Tempo de espera por maré: o período em que a maré baixa influencia o trânsito da embarcação. Este tempo depende do calado da embarcação, que, por sua vez, é relacionado com a quantidade de carga a bordo.
- Tempo de limpeza dos porões da unidade de *transshipment*, que ocorre periodicamente e também caso haja alteração no tipo de carvão transportado.

4 CENÁRIO BASE E RESULTADOS DA SIMULAÇÃO

O cenário base para as simulações iniciais possui os seguintes parâmetros de entrada:

- 2 TU's (*transshipment units*);
- Os calados considerados para as embarcações TU e suas respectivas cargas são:
    - Mínimo: 10,0 m e 34.140 t;
    - Médio: 11,3 m e 41.387 t;
    - Máximo: 12,1 m e 46.387 t;
- Todos os OGV do tipo *Handymax* são carregados diretamente no terminal;
- Se disponíveis, 2 TU's podem carregar simultaneamente um mesmo OGV;
- A taxa comercial de carregamento dos TU's no terminal e de descarregamento durante o processo de transbordo da carga é de 4.000 tph;
- O TU sofre processo de limpeza a cada 2 meses, durante 6 horas, para eventual troca de tipo de carvão transportado;
- O tempo de ciclo é aumentado em 25% durante 6 horas por dia, 100 dias por ano, a fim de se simular condições atmosféricas adversas à operação.

Ademais, os parâmetros de entrada comuns a todos os cenários são elencados na tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros de Entrada

DESCRIÇÃO	**VALOR**
Demanda prevista (t)	12 milhões
Capacidade Handymax (OGV)	42000 t
Capacidade Panamax (OGV)	70000 t
Capacidade Capesize (OGV)	152000 t
% de Panamax (OGV)	32%
% de Handymax (OGV)	46%
% de Capesize (OGV)	22%
PARÂMETROS TU'S	
Capacidade (no calado médio)	41387 t
Capacidade máxima TU (permitida)	55000 t
Capacidade Mínima	40000 t
Calado Médio TU	11,30 m
Calado Máximo	12,12 m
Calado Mínimo	10 m
Tempo entre limpezas (TU)	8 semanas
Duração do processo de limpeza	6 h
Frota de TU's	2 navios

A composição dos tempos relativos ao tempo de ciclo é apresentada na Figura 2. Deve-se observar que a ociosidade da frota de TU's não é considerada na figura. Além disso, verifica-se que cerca de 50% do tempo de ciclo é decorrente das operações de *transshipment* ou da operação de carregamento no terminal de Beira.

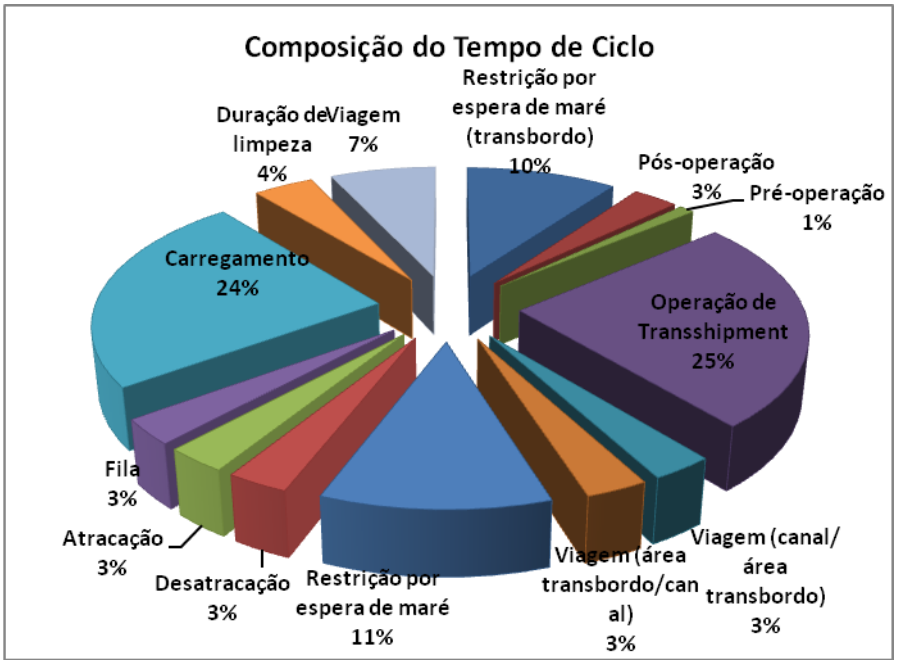


Figura 1: Composição do tempo de ciclo (TU's)

Tabela 2: Composição do tempo de ciclo (TU's)

	Processo	% do tempo de ciclo	Tempo(h)
Transshipment	Restrição por espera de maré (transbordo)	10%	3.7
	Pós-operação	3%	1.1
	Pré-operação	1%	0.4
	Operação	25%	9.1
	Viagem (canal/ área transbordo)	3%	1.1
	Viagem (área transbordo/canal)	3%	1.1
Terminal	Restrição por espera de maré	11%	4.0
	Desatracação	3%	1.1
	Atracação	3%	1.1
	Fila	3%	1.1
	Carregamento	24%	8.8
	Duração de limpeza	4%	1.5
	Viagem	7%	2.6

Tempo de Ciclo	1.52 (Dias)	36.5

Verificações no cenário base:

- O sistema atende à demanda (12 MTPA);

- O tempo médio de ciclo dos TU's é de 1,52 dias, resultando em cerca de 240 viagens possíveis por ano;
- A taxa de ocupação dos TU's é de 61%.

5 ANÁLISES DE SENSIBILIDADE DO CALADO MÍNIMO E MÁXIMO

Uma vez que a capacidade do TU e o tempo de espera por maré favorável são afetados diretamente pelo aumento do calado, foram realizadas análises de sensibilidade para detectar o melhor valor para esse parâmetro, como apresentado nas tabelas e figuras 3 e 4.

Tabela 3: Variação do calado mínimo - Resultados

	Calado Mínimo				
Resultados	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00
Números de Navios	136	137	135	136	136
Ociosidade TU (dias)	0,35	0,55	0,84	0,89	0,93
Tempo médio em fila do TU no transbordo (dias)	0,48	0,61	0,77	0,77	0,77
Demurrage (USD/t)	2,78	1,45	0,57	0,50	0,43

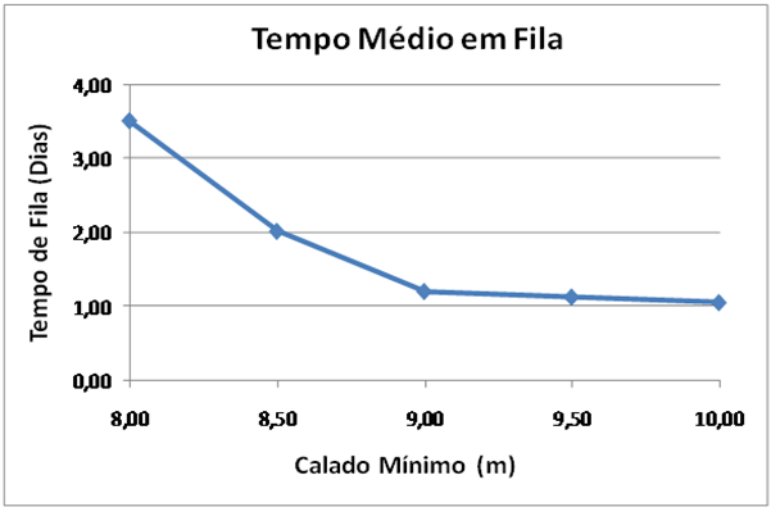


Figura 2: Tempo médio em fila com a variação do calado mínimo

Tabela 4: Variação do calado máximo – Resultados

	Calado Máximo					
Resultados	11,50	11,67	12,00	12,12	12,50	12,70
Números de Navios	134	136	136	134	136	136
Ociosidade TU (dias)	0,94	0,92	0,93	0,96	0,92	0,88
Tempo médio em fila do TU no transbordo (dias)	0,77	0,76	0,77	0,79	0,77	0,75
Demurrage (USD/t)	0,44	0,45	0,43	0,38	0,43	0,48

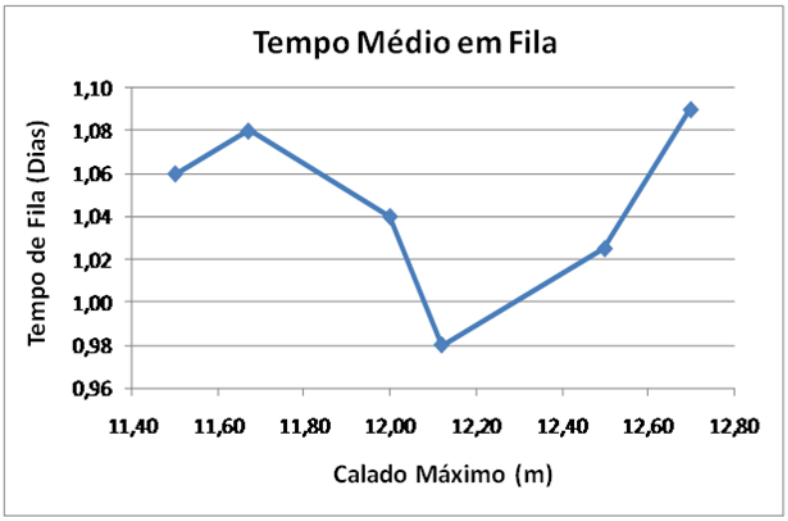


Figura 3: Tempo médio em fila com a variação do calado máximo

Constatações acerca das variações nos calados mínimo e máximo:

- Ao variar-se o calado mínimo dos TU's entre 8 e 10 metro percebe-se que o maior calado mínimo reduz o tempo médio em fila das embarcações OGV, e consequentemente o *demurrage* a ser pago;
- Já ao analisar-se o calado máximo dos TU's, percebe-se que para valores acima de cerca de 12,1 metros o tempo em fila e o *demurrage* das embarcações OGV volta a aumentar, pois os TU's passam a sofrer mais influência da espera por maré.

6 EFEITOS DE TORNADOS NO SISTEMA

Alguns cenários foram simulados considerando os efeitos de tornados no sistema. Quando isso ocorre, a operação de transbordo espera até que as condições climáticas melhorem. Os

resultados são apresentados na tabela 5, divididos em três diferentes cenários: 90, 60 e 30 dias de paralisação por ano.

Tabela 5: Impactos de tornados no sistema - Resultados

	90 dias	60 dias	30 dias
Carga Transportada	10,7 MTPA	10,9 MTPA	11,0 MTPA
Número de ciclos - TU	264	270	272
Tempo de ciclo (Dias)	1,51	1,51	1,50
Demurrage (USD/t)	21,71	10,78	3,34

Percebe-se pela tabela 5 que a ocorrência de tornados ocasiona valores altíssimos de *demurrage* por tonelada a ser pago, inviabilizando economicamente o sistema.

Um cenário alternativo foi criado para representar impactos mais amenos por parte dos tornados. Neste caso, a operação é paralisada durante 5 dias, e a profundidade do canal é diminuída em 1 metro nos 30, 60 ou 90 dias subseqüentes. Nessas circunstâncias, o calado do navio é diminuído, e conseqüentemente sua capacidade. Os resultados são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Impactos moderados de tornados no sistema – Resultados

	90 dias	60 dias	30 dias
Demurrage (USD/t)	1,96	1,40	1,39
Carregamentos com calado máximo	0	114	116
Carregamentos com calado mínimo	121	117	111

Percebe-se que o impacto dos tornados no sistema revela-se no valor do *demurrage*, onde até o cenário menos impactado (30 dias de calado reduzido em 1 m) apresenta *demurrage* por tonelada cerca de 3 vezes superior aos observados nos cenários de variação de calado, apresentados no item 5 deste trabalho.

7 EFEITO DA TAXA DE CARREGAMENTO NA OPERAÇÃO DE TRANSSHIPMENT

Buscando-se verificar a influência das taxas de produtividade do sistema, foram realizadas análises de sensibilidade variando-se estas entre 1.500 e 4.500 tph. Os resultados são apresentados nas Figuras 5 e 6.

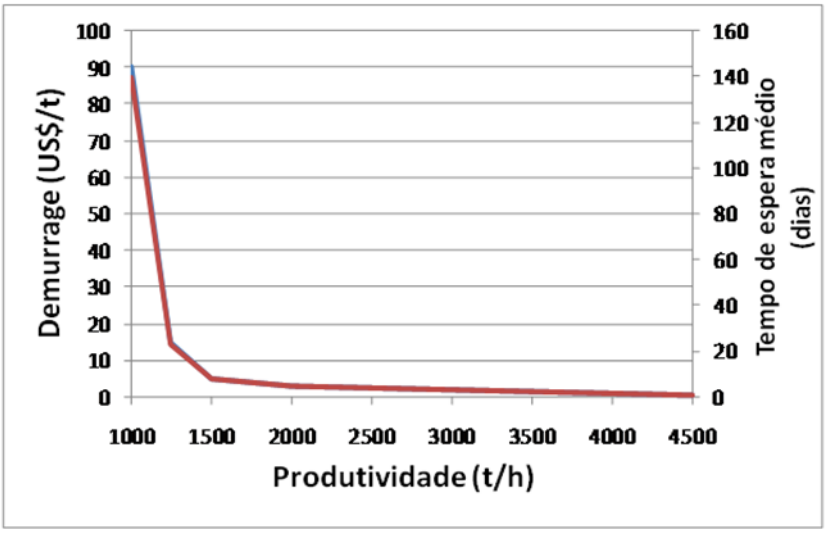


Figura 5: Custos de demurrage por tonelada em função da produtividade de carregamento

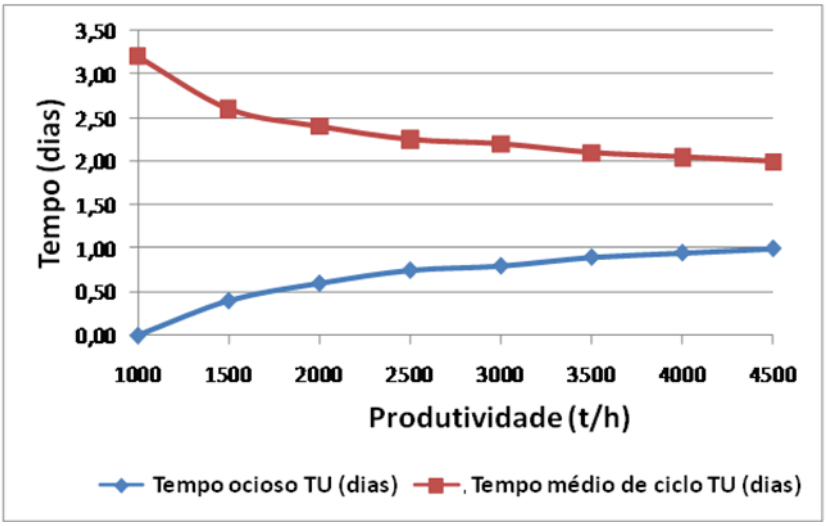


Figura 6: Ociosidade e tempo médio de ciclo dos TU's da produtividade de carregamento

Para taxas de carregamento de 1.500 tph, o tempo de ciclo do TU é de aproximadamente 2,7 dias, a capacidade do sistema é de 9,93 MTPA, com uma taxa de ocupação dos TU's de 97%.

Pode-se verificar que para taxas de produtividade inferiores a 1.500 o sistema se torna inviável. Além disso, o *demurrage* tende a ser minimizado para taxas de carregamento superiores a 3,000 tph.

Quanto aos tempos de ciclo, percebe-se que estes diminuem à medida que se incrementa a taxa de produtividade, no entanto, é provocado um aumento no tempo de ociosidade por ciclo nos TU's.

8 CENÁRIOS DE RISCO: EFEITOS DE CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS ADVERSAS

Análises de sensibilidade foram realizadas para se detectar a resposta do sistema quando ocorre o aumento das adversidades atmosféricas. Para isto, 5 cenários foram elaborados considerando 100 dias de diminuição da produtividade em um ano, em decorrência destas condições climáticas adversas.

- **Cenário 0:** o tempo de ciclo aumenta em 25% durante 6 horas por dia nos 100 dias considerados;
- **Cenário 1:** o tempo de ciclo aumenta em 29% durante 12 horas por dia;
- **Cenário 2:** o tempo de ciclo aumenta em 58% durante 12 horas por dia;
- **Cenário 3:** o tempo de ciclo aumenta em 29% durante 24 horas por dia;
- **Cenário 4:** o tempo de ciclo aumenta em 58% durante 24 horas por dia.

Ademais, a taxa de carregamento no *transshipment* é considerada 3.000 e 4.000 tph para os cenários de 1 a 4. O tempo médio de espera e o *demurrage* da frota de OGV são apresentados nas figuras 7 e 8.

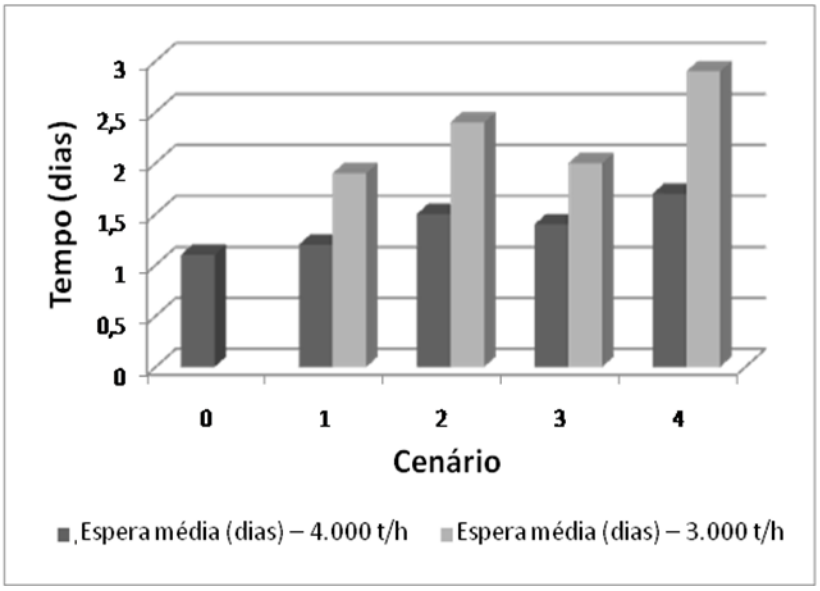


Figura 7: Tempo médio em fila em função de condições atmosféricas adversas e taxas de carregamento na operação de *transshipment*

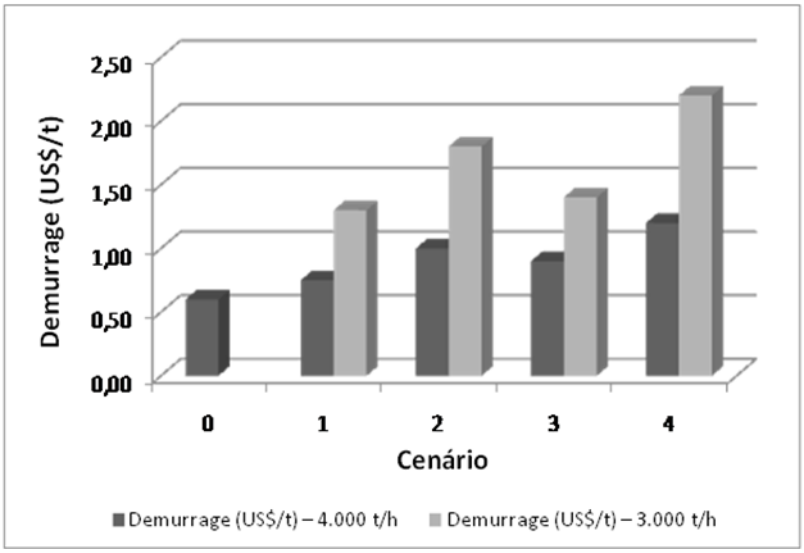


Figura 8: Custos de *demurrage* por tonelada em função de condições atmosféricas adversas e taxas de carregamento na operação de *transshipment*

Dentre estes cenários, o cenário 4 foi o de pior desempenho, com os seguintes resultados:

- Cerca de USD 1,10/t de custos de *demurrage* a uma taxa de 4,000 tph;
- Cerca de USD 2,10/t de custos de *demurrage* a uma taxa de 3,000 tph;
    - A demanda é atendida em ambos os casos.

8.1. Análises adicionais de condições adversas

Com o objetivo de mitigar os efeitos de condições adversas de tempo, outros cenários foram elaborados com as seguintes características:

- TU's transportam apenas um tipo de carvão. Isto acarreta no aumento do tempo médio entre as limpezas dos porões da frota de 60 para 120 dias;
- 3 diferentes taxas de carregamento dos shiploaders: 4.000, 6.000 ou 8.000 tph.
- Aumento da frota de TU's de 2 para 3 embarcações.

Os principais resultados são apresentados na Tabela 8.

Tabela 7: Análises Finais - Resultados

	Cenário	Tempo médio em fila (dias)	*Demurrage* (USD/t)
Base	Tempo de ciclo é aumentado a 58% em 24 horas Carregador de navio cerca de cerca de 4.000 tph	1,75	1,23
1	Somente 1 tipo carvão	0,73	0,69
2	Carregador de navio cerca de 6.000 tph	1,11	0,68
3	Carregador de navio cerca de 8.000 tph	0,95	0,52
4	Carregador de navio cerca de 6.000 tph; Somente 1 tipo de carvão	0,55	0,45
5	Carregador de navio cerca de 3.000 tph; 3 TU's	0,56	0,31
6	Carregador de navio cerca de 4.000 tph; 3 TU's	0,40	0,16

Através da analise da tabela 8, verifica-se que há uma melhora na operação quando há apenas um tipo de carvão sendo transportado pelos TU's (redução do número de limpezas), bem como quando as taxas de carregamento são mais elevadas. No entanto, verifica-se que o maior ganho operacional ocorre com o aumento da frota de TU's para 3 embarcaçoes. Percebe-se uma resposta muito positiva do sistema, com os menores tempos de fila e *demurrage* a ser pago observados.

9 CONCLUSÕES

Pôde-se verificar que a variação da quantidade do carregamento dos TU's, e consequentemente do calado mínimo e máximo, afetam o sistema, dado que as embarcações são influenciadas pela profundidade do canal e pela maré.

Concluiu-se que as taxas de produtividade nas operações de carga e descarga dos TU's são extremamente importantes e fatores decisivos para a viabilidade do sistema.

Foi observado que as condições atmosféricas adversas e a ocorrência de tornados podem impactar significativamente um sistema de operação em *transshipment*, desta maneira concluiu-se que é necessária a avaliação de medidas que mitiguem esses efeitos.

Por fim, conclui-se que o modelo de simulação desenvolvido é capaz de representar as operações de *transshipment* consideradas, bem como todas as suas variações. Desta forma, a ferramenta mostrou-se extremamente útil e eficaz em prover ao analista os resultados de diversos cenários. Assim, o modelo possibilita a realização do dimensionamento do sistema de diferentes maneiras, a partir de análises de *trade-off*. Por exemplo, ao se conhecer os custos de investimentos do aumento na frota de TU's, ou na capacidade dos equipamentos de carga/descarga, podem-se realizar análises de *trade-offs* destes custos de investimentos versus custos operacionais e níveis de serviço, uma vez que o modelo de simulação fornece todas as informações operacionais relevantes, além do *demurrage* por tonelada a ser pago.

10 REFERÊNCIAS

Aragão, M. M. C. 2009, *Caracterização e dimensionamento de um sistema de cabotagem industrial*, Dissertação (Mestrado) – POLI - USP, Dpto. de Eng. de Transportes. Sistemas Logísticos, São Paulo, 168 p.

Botter, R.C. 2002, *Tratamento de dados em simulação discreta*, Tese (Livre-Docência) – POLI - USP, Dpto. de Eng. Naval e Oceânica, São Paulo.

Chwif, L., Medina, A.C. 2007, *Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria & Prática*, 2 ª Edição.São Paulo, 254 p.

Mendes, A.B. 1999, *Modelo econômico-operacional para o dimensionamento do transporte intermodal de cargas pela hidrovia Tietê-Paraná*, Dissertação (Mestrado) – POLI - USP, Dpto. de Eng. Naval e Oceânica, São Paulo, 212 p.

Mesquita, M.A. 1994, *Estudo de sistemas fechados de filas em transporte fluvial*, Dissertação (Mestrado) – POLI - USP, Dpto. de Eng. Naval e Oceânica, São Paulo.

Ono, R.T. 2001, *Estudo de viabilidade do transporte marítimo de contêineres por cabotagem na costa brasileira*, Dissertação (Mestrado) – POLI - USP, Dpto. de Eng. Naval e Oceânica, São Paulo, 132 p.

Pedgen, C.D., Shannon, R.E., e Sadowski, R.P. 1995, *Introduction to simulation using SIMAN*, McGraw-Hill. 2ª Edição. New York.

Yaguiu, K. 2006, *Modelo para o dimensionamento de uma frota de contêineres para uma empresa de navegação*, Dissertação (Mestrado) – POLI - USP, Dpto. de Eng. Naval e Oceânica, São Paulo, 167 p.

Um estudo sobre a cabotagem industrial no Brasil

Marcelo de Mattos de Castro de Aragão [1]

e-mail: marceloaragao@fdvmail.com.br

Rui Carlos Botter[2]

e-mail: rcbotter@usp.br

Rodolfo Celestino dos Santos Silva[2]

Thiago Barros Brito[1]

Rodrigo Savoia[2]

[1] - Departamento de Transportes – Sistemas Logísticos EPUSP

[2] – Departamento de Engenharia Naval e Oceânica - EPUSP

Surgiu em 2003 no Brasil uma modalidade de transporte aquaviário destinada à movimentação de madeira na costa brasileira, cuja frota de embarcações trafega em dois portos, com carga em um sentido e vazio em outro, incluindo barcaças adicionais que permitem a operação com um pequeno tempo de parada nos portos, operando sem interrupções e movimentando expressiva demanda. Dado que a frota serve exclusivamente a uma empresa e a uma carga homogênea denominou-se esse sistema como cabotagem industrial.

No Brasil atualmente 3 empresas operam na cabotagem industrial: Aracruz Celulose, Veracel e Arcelor Mittal Tubarão, que serviram de base para delinear esta pesquisa, no que tange examinar as premissas básicas desde a elaboração um projeto até a implantação da cabotagem industrial.

A principal premissa deste sistema é basicamente a substituição de um transporte puramente rodoviário, por um sistema em que as pontas, embora rodoviária, são menos significativas e que não impacta ainda mais o tráfego de caminhões por rodovias estaduais e federais.

Nos casos estudados foram identificados ganhos advindos com a implementação da cabotagem industrial tais como: reduções do tráfego nas estradas, dos índices de acidentes, nos custos de transporte, nas emissões de gases poluentes, além da economia com combustível.

Adicionalmente, esse sistema apresenta um melhor histórico de sinistro e de integridade de carga, quando comparado ao transporte rodoviário.

Verificou-se que o correto dimensionamento da frota é um dos fatores chaves para o sucesso da cabotagem industrial que busca proporcionar um menor custo por tonelada movimentada, além de oferecer um menor impacto ambiental e maior garantia de abastecimento.

Deste modo, o objetivo deste trabalho é caracterizar um sistema de cabotagem industrial baseado nos levantamentos realizados junto às empresas que praticam a cabotagem industrial no Brasil.

1. INTRODUÇÃO

No século XXI, tem-se verificado no Brasil que muitas empresas estão buscando novas alternativas de escoamento de seus produtos dada a grande competitividade nacional e internacional. Basta analisar as pressões que a China impõe em relação aos preços dos seus produtos no mercado internacional, que, de certo modo, forçam as empresas a reduzirem seus ganhos ou melhorarem seus processos para se manterem competitivas no mercado mundial.

Apesar disto, existem diversos problemas no Brasil que impactam diretamente na competitividade das companhias. Dentre eles, pode-se destacar a falta de uma infra-estrutura logística adequada tanto para o recebimento quanto para o escoamento dos produtos.

Em face destes problemas, algumas empresas estão adotando uma nova modalidade de transporte, cujo objetivo consiste em possuir uma logística própria, que não dependa tanto dos investimentos do governo, e que possibilite ganhos econômicos, ambientais e sociais. Tal modalidade foi denominada neste estudo de cabotagem industrial.

A cabotagem industrial é conceituada no presente trabalho a partir da navegação de cabotagem, definida pela legislação Brasileira (lei 10.893/04) como: “viagens realizadas entre portos brasileiros, utilizando exclusivamente a via marítima ou a via marítima e as interiores” e da navegação industrial, caracterizada por Chrzanowski (1985), como sendo um “Transporte de cargas homogêneas em grandes rotas regulares com navios especiais, pertencentes ou fretados por grandes indústrias”

Assim, o termo cabotagem industrial é definido como um meio de transporte aquaviário destinado à movimentação de cargas homogêneas na costa brasileira, cuja frota de embarcações

serve exclusivamente a uma empresa e trafega entre dois portos ou mais, geralmente com carga em um sentido e vazio em outro, e movimentando expressiva demanda.

As características deste transporte são semelhantes às operações de comboios fluviais. Dessa forma, um sistema empurrador-barcaça opera em um circuito fechado, de modo que o empurrador tenha um tempo de porto reduzido, pois, pelo fato de se utilizar barcaças adicionais, o empurrador ao chegar no terminal apenas desacopla a barcaça que traz consigo e acopla a uma barcaça que é designada para o trecho de volta da viagem.

Uma das principais vantagens do sistema é o de ser competitivo em relação ao modal rodoviário, mesmo em rotas de curtas distâncias. Dessa forma, ainda que as "pontas" sejam rodoviárias, são menos significativas e causam um impacto menor no tráfego de caminhões por rodovias estaduais e federais.

2. OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho é propor um novo conceito de transporte de carga, a cabotagem industrial com base na literatura e na experiência identificada junto às empresas que praticam a cabotagem industrial no Brasil.

Como objetivo secundário, pretende-se responder, para uma melhor compreensão da cabotagem industrial, os seguintes questionamentos:

- Como se caracteriza a cabotagem industrial no Brasil e no mundo?
- Quais fatores influenciam as empresas a utilizarem esta modalidade de transporte?
- Quais os fatores críticos para sua implementação e operação?

3. A CABOTAGEM INDUSTRIAL NO CENÁRIO NACIONAL E INTERNACIONAL

A cabotagem industrial foi implementada no Brasil em 2003, destinada à movimentação de madeira na costa do país. Há atualmente três empresas que operam na cabotagem industrial brasileira: Aracruz Celulose S.A, a qual se utiliza deste meio para o transporte de madeira em toras; Veracel Celulose, praticante deste tipo de transporte para fardos e bobinas de celulose; e,

finalmente, a Arcelor Mittal Tubarão, que usufrui da cabotagem industrial para transportar bobinas de aço.

É importante observar que esse sistema de transporte atua em segmentos diferentes da cadeia de suprimento dessas empresas. Por exemplo, na Aracruz Celulose, são transportadas matérias-primas que servirão de insumos para a fabricação de celulose, enquanto nas demais empresas (Veracel e Arcelor Mittal), são transportados os produtos finais, que serão entregues aos clientes.

Essa peculiaridade pode impor formas de operação diferenciadas para cada companhia. No caso da Aracruz Celulose, a falta de um abastecimento poderia acarretar numa parada da fábrica. Já para as demais empresas (Arcelor Mittal e Veracel), a ocorrência de um atraso na entrega do produto final ao cliente, poderia ser ou não considerado um fator crítico já que tal premissa dependeria da negociação dos contratos com os clientes.

3.1.1. CABOTAGEM INDUSTRIAL NO TRANSPORTE DE MADEIRA EM TORAS

A cabotagem industrial é utilizada no transporte de toras de madeira no Brasil pela Aracruz Celulose S/A, líder mundial no mercado de celulose branqueada de eucalipto, empregada na fabricação de diversos tipos de papéis. Este sistema de transporte foi implementado de forma inédita no país pela empresa em 2003, e é o responsável pelo transporte de toras de eucalipto do centro produtor em Ponta da Areia em Caravelas (BA), até o centro consumidor em Barra do Riacho (ES), numa rota marítima de aproximadamente 275 km, percorridos em cerca de 12 horas de viagem pelo conjunto empurrador - barcaça, conforme ilustra a Figura 1.

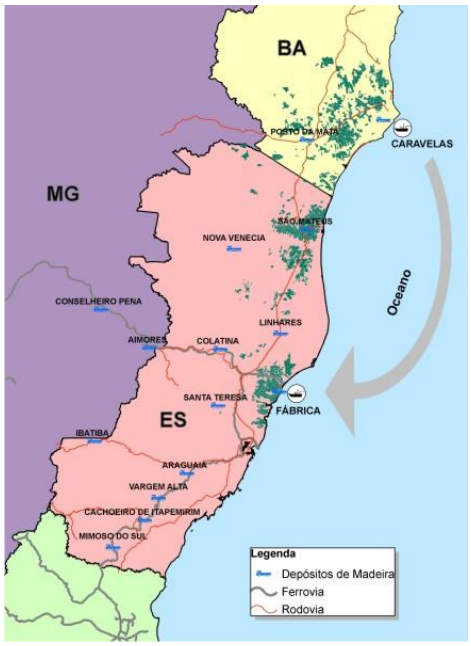


Figura 1: Transporte de Toras de Madeira.
Fonte: Aracruz Celulose (2008)

Em 2007, a cabotagem industrial foi responsável por mais de 1,6 milhões de toneladas transportadas, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Total Movimentando Anualmente no Transporte de Cabotagem Industrial

Ano	Total Movimentado (t)
2003	641,691.00
2004	1,028,904.00
2005	1,372,603.00
2006	1,962,817.00
2007	1,621,363.00

Fonte: Aracruz Celulose (2008)

O transporte adotado pela empresa utiliza o sistema denominado Integrated Tug and Barge, e, traduzido pelo operador logístico como navio-barcaça. Nesse sistema, o empurrador é acoplado de forma mecânica a uma barcaça, cujo comportamento é similar ao de uma embarcação convencional autopropelida, como demonstra a Figura 2.

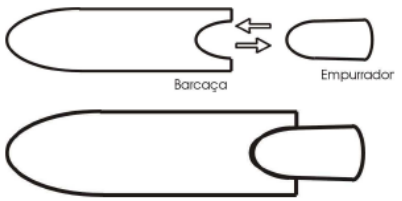


Figura 2: Sistema *Integrated Tug and Barge*.
Fonte: (Cruz; Amorim, 2006)

A operação do conjunto é de responsabilidade da Companhia de Navegação Norsul, que utiliza quatro embarcações de tipo navios-barcaça, com capacidade unitária de transporte de 5 mil toneladas de madeira, com 114 m de comprimento, 23 m de largura e 4 m de calado; e, dois empurradores de 33 m de comprimento, movimentando-se a uma velocidade de 22,5 km/h, (Figura 3 e Figura 4).

Do ponto de vista econômico, a vantagem da operação está no melhor aproveitamento do empurrador, já que este passa a maior parte do tempo em operação de transporte, seja "empurrando" as barcaças carregadas para Barra do Riacho, ou, então, "empurrando" barcaças vazias para Caravelas.



Figura 3: Transporte de Toras de Madeira

Fonte: Aracruz Celulose (2008)



Figura 4: Barcaça e Empurrador
Fonte: Aracruz Celulose (2008)

O investimento total foi da ordem de US$ 51 milhões, que contempla a construção dos terminais marítimos, os equipamentos de carga e descarga, as barcaças e os empurradores (ANDRADE, 2003). Desse total, cerca de US$ 32 milhões foram investidos pela Norsul oriundos de recursos próprios ou financiados pelo Fundo de Marinha Mercante, para a construção das embarcações

(empurrador e barcaça), enquanto os 19 milhões restantes foram investidos pela Aracruz Celulose na construção dos terminais marítimos e na aquisição dos equipamentos de carga e descarga.

As principais vantagens para a empresa estão na redução do número de viagens rodoviárias e, conseqüentemente, as reduções no consumo de combustível, permitindo à Aracruz, ganhos na venda do crédito de carbono. Somado a isto, o sistema traz ganhos para a sociedade ao se reduzir o volume de tráfego na BR-101 e o número de acidentes na estrada.

3.1.2. CABOTAGEM INDUSTRIAL NO TRANSPORTE DE CELULOSE

O transporte de fardos e bobinas de celulose por meio da cabotagem industrial é realizado pela Veracel Celulose, empresa localizada no Sul do Estado da Bahia, e que implementou em 2005 este tipo de transporte. O escoamento da produção é feito com a utilização do Terminal Marítimo de Belmonte, na Bahia. Do terminal (Figura 5), o produto é embarcado para Portocel, no Espírito Santo, de onde é exportado. A distância percorrida é de aproximadamente 550 km.

O sistema de transporte marítimo é semelhante ao implantado na Aracruz Celulose, em que se utiliza o conceito de navios-barcaça. A operação é de responsabilidade da Companhia de Navegação Norsul, que opera com três barcaças de capacidade individual de 7 mil toneladas de celulose e um empurrador (mostrado na Figura 6). O sistema é capaz de transportar até 1,15 milhões de toneladas de celulose por ano, sendo que em 2006, a empresa atingiu cerca de 975 mil toneladas transportadas.



Figura 5: Terminal Marítimo de Belmonte.

Fonte: Veracel (2008)



Figura 6: Barcaça e empurrador da Norsul.
Fonte: Veracel (2008)

Os investimentos na construção das embarcações e do empurrador, realizados pela empresa Norsul, totalizaram aproximadamente US$ 28 milhões (Companhia de Navegação Norsul, 2008). Enquanto isso, os investimentos para a adequação do terminal Marítimo de Belmonte, na Bahia, sobre responsabilidade da Veracel,foram da ordem de US$ 8,5 milhões (PORTAL CELULOSE ONLINE, 2008).

Os benefícios desse sistema são semelhantes aos obtidos pela Aracruz: menor impacto ambiental e redução no custo de transporte.

3.1.3. CABOTAGEM INDUSTRIAL NO TRANSPORTE DE BOBINAS DE AÇO

Em 2006, o sistema de cabotagem industrial foi implantado pela primeira vez no setor siderúrgico brasileiro pela empresa Arcelor Mittal Tubarão, antiga Companhia Siderúrgica de Tubarão, localizada em Vitória-ES. Este meio de transporte exigiu a construção de um terminal privado (Terminal de Barcaças Oceânicas), localizado no Espírito Santo, cujo investimento realizado pela Arcelor Mittal Tubarão demandou aproximadamente US$ 11 milhões (ARCELOR TUBARÃO, 2008).

O sistema transporta bobinas de aço do terminal de Barcaças Oceânicas para o porto de São Francisco do Sul (SC). Deste porto, a carga é encaminhada para Arcelor Mittal Vega, (Figura 7**Error! Reference source not found.**). A operação das embarcações está também sob responsabilidade da Norsul.

Uma das peculiaridades do sistema é a maior distancia entre os terminais, se comparada ao transporte da Aracruz e Veracel, sendo de aproximadamente 1134 km.

Os investimentos na construção das embarcações, realizados pela norsul foram de cerca de US$ 55 milhões (Companhia De Navegação Norsul, 2008), e o sistema conta com quatro barcaças de capacidade individual de 10 mil toneladas e 2 empurradores (Figura 8).



Figura 7: Rota Cabotagem Industrial – Arcelor Tubarão

Fonte: Arcelor Tubarão (2008)



Figura 8: Operação Barcaça Arcelor
Fonte: Arcelor Tubarão (2008)

A estimativa é de que sejam embarcadas cerca de 1,1 milhões de toneladas de bobinas por ano.

Além dos ganhos econômicos para a Arcelor Mittal Tubarão e Vega (redução dos custos de frete, em particular), o sistema traz contribuição à melhoria da qualidade ambiental e social, por representar economia de combustível, redução das emissões veiculares de gases, além de contribuir para a redução do tráfego (ARCELOR TUBARÃO, 2008).

4. DIAGNÓSTICO ATUAL DA NAVEGAÇÃO DE CABOTAGEM INDUSTRIAL NO BRASIL

Para a melhor compreensão do cenário brasileiro de cabotagem industrial, foi elaborado e enviado um questionário para as três empresas atuantes nesse segmento, Aracruz Celulose S/A, Arcellor Mital Tubarão e Veracel É importante ressaltar que embora o universo da pesquisa seja pequeno (3 empresas), os dados são muito representativos, pois correspondem a 100 % das companhias que praticam a cabotagem industrial no Brasil.

A seguir, são apresentadas as questões e listadas os resultados das consideradas chaves para a caracterização do sistema.

1. Qual o tipo de carga transportada?
2. Qual a participação da cabotagem na matriz de transporte nos anos de operação?
3. Qual o perfil/composição da frota? (tamanho, idade e especialização)?
4. Quais os modais de transporte que a empresa utiliza integrado à cabotagem industrial?
5. Uma vez implementada a cabotagem industrial, qual foi o tempo de adaptação operacional (curva de aprendizagem)?
6. A empresa pretende realizar novos investimentos no transporte de cabotagem industrial? Por quê?
7. Conhece alguma empresa que pratica a cabotagem industrial fora do país? Qual?
8. Quais seriam, em sua opinião, os fatores críticos na operação de cabotagem industrial?por quê?
9. Quais foram os entraves para a implementação da cabotagem industrial?
10. Quais são os fatores que inibem a expansão da cabotagem industrial?
11. Na sua opinião, o que deveria ser modificado na legislação para alavancar o setor da cabotagem industrial?
12. Qual seria a classificação do tipo de terminal (de origem e destino)
13. Se o tipo de terminal é público, qual nota você atribui para o desempenho da mão-de-obra fornecida pelo ogmo (orgão gestor de mão de obra) (de 0 a 10)? (sendo 0, muito ruim e 10 excelente). Justifique.
14. Se o terminal é público, o setor público tem realizado os investimentos de infra-estrutura adequados para o desenvolvimento da cabotagem industrial?

15. Se sim, em quais áreas? Com quais objetivos?
16. Se não, quais as áreas que necessitam de investimentos. Por quê?
17. Em relação ao cumprimento do prazo de entrega, pode-se dizer que a cabotagem industrial atende a este requisito?
18. Quais os principais fatores que influenciam no não cumprimento do prazo de entrega?
19. Como se apresentam os quesitos integridade da carga e histórico de sinistros na cabotagem industrial quando comparada ao modal rodoviário?
20. Em uma rota típica de cabotagem industrial, quais são os seus principais itens de custo (%)?

As principais questões foram respondidas da seguinte forma:

a) Qual a participação da cabotagem na matriz de transporte nos anos de operação?

Dentre as empresas que utilizam a cabotagem industrial no Brasil, as participações deste modal na matriz de transportes apresentam perspectivas de crescimento.

As empresas B e C transportaram em 2007, 23% e 25% (Figura 10 e Figura 11) do total da carga movimentada pela empresa por cabotagem industrial.

A empresa A, por sua vez, transportou 93% (Figura 12) do total transportado do produto final por cabotagem industrial. É importante ressaltar que esse valor da empresa A corresponde apenas ao transporte do produto final e não à matriz de transporte global da empresa, como responderam as empresas B e C.

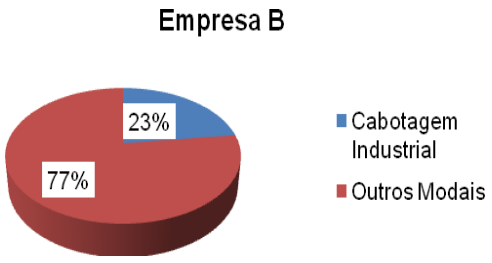


Figura 9: Cabotagem industrial na Matriz de Transportes – Empresa B

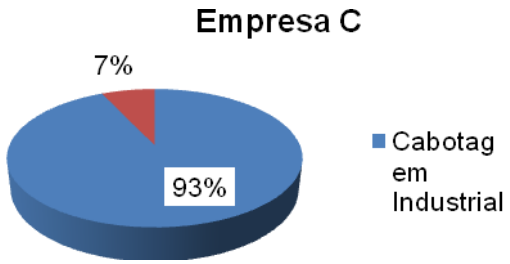


Figura 9: Cabotagem industrial na Matriz de Transportes – Empresa C

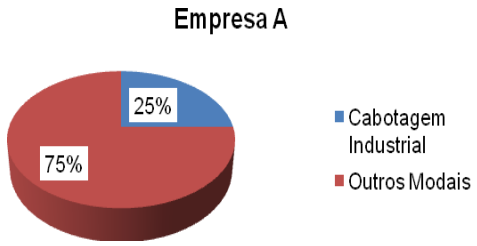


Figura 10: Cabotagem industrial na Matriz de Transportes – Empresa A

b) Qual o perfil/composição da frota? (tamanho, idade e especialização)?

Foi identificado que as empresas apresentam diferentes configurações no que tange ao número de empurradores e barcaças.

Uma das empresas possui 2 empurradores e 3 barcaças, outra possui 2 empurradores e 4 barcaças, e a última 3 barcaças e apenas 1 empurrador

As barcaças, apesar de transportarem produtos diferentes, possuem características similares e suas dimensões principais (comprimento, boca, calado) são bem próximas. Todas são de frota nova e possuem a capacidade de transporte de até 10.000 t.

c) Uma vez implementada a cabotagem industrial, qual foi o tempo de adaptação operacional (curva de aprendizagem)?

As empresas A, B e C relataram que o tempo de aprendizado foi superior a 1 ano e meio, 1 ano e 3 meses respectivamente, sendo este tempo necessário para adaptação ao transporte em função da carga transportada, operadores logísticos marítimos e terrestres e condições ambientais e operacionais, tais como assoreamento e abastecimento da embarcação.

d) Quais seriam os fatores críticos na operação de cabotagem industrial?por quê?

As empresas A, B e C identificaram como fatores críticos da cabotagem industrial os seguintes itens:

- Autorizações e Licenciamentos: existem vários licenciamentos e autorizações a serem conseguidos com diversas entidades, por exemplo: Marinha do Brasil, IBAMA, ANTAQ, além ONG's que exigem monitoramentos como de: corais, tartarugas, baleias, camarão, entre outros. Especificamente, podem ser destacadas as licenças das dragagens de projeto e manutenção;
- Qualidade e custo da estiva;
- Falta de um procedimento adequado para este tipo de transporte por órgãos do governo (Receita Federal, Fundo de Marinha Mercante, e outros);
- Infra-estrutura dos portos;
- Recursos e infra-estrutura técnica da Tecnologia de Informação;
- Mudança de paradigmas (as empresas são avessas a mudanças);
- Fluxo de Carga, as empresas devem possuir um fluxo constante de carga;
- Gestão do transporte marítimo;
- Dimensionamento da frota das embarcações

e) Quais foram os entraves para a implementação da cabotagem industrial?

- Os principais entraves para o desenvolvimento da cabotagem industrial, na opinião das empresas A, B e C são:
- Licenciamento ambiental dos terminais e dragagem dos canais de acesso;
- Infra-estrutura portuária adequada e dedicada;
- Monitoramentos e relacionamento com a comunidade;
- Falta de mão-de-obra especializada.

f) O que deveria ser modificado na legislação para alavancar o setor da cabotagem industrial?

- As empresas A, B e C identificaram os seguintes itens que deveriam ser modificados na legislação brasileira:
- Criação de uma política específica para o setor de cabotagem industrial;

- Incentivos do governo para a abertura de terminais privados;
- Redução dos impostos no combustível para utilização na cabotagem;
- Incentivo do governo para importação de navios e/ou barcaças, uma vez que os estaleiros nacionais não suprem a necessidade;
- Incentivo do governo para os Portos Organizados em receber carga de cabotagem.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A pesquisa abordou uma nova modalidade de transporte aquaviário, que vem sendo utilizado e ganhando adeptos no Brasil e no mundo, devido aos ganhos econômicos, ambientais e/ou sociais que esta pode apresentar. Tal modalidade foi denominada por cabotagem industrial.

A partir de questionários aplicados às empresas que a praticam no mercado nacional e da revisão bibliográfica efetuada, concluiu-se que este é um setor ainda pouco explorado e com grande potencial. Além disso, observou-se falta de incentivos a esta modalidade, como por exemplo:

- Inexistência de uma legislação específica;
- Assim como na cabotagem convencional, há uma tributação adicional ao combustível utilizado quando comparado ao de longo curso;
- Muitos entraves ambientais à sua implantação e operação;
- Carência por uma infra-estrutura adequada, entre outros.

Sendo assim, o trabalho conceitualizou o sistema de cabotagem industrial e identificou os principais fatores condicionantes para o projeto de um sistema de cabotagem industrial. Concluiu-se que devido às características do sistema, como: a aleatoriedade dos tempos de processos e por operar em um ciclo fechado, o mais problemático para cabotagem industrial é o dimensionamento da sua operação e do número das embarcações para atender à demanda projetada.

Portanto, pode-se concluir que o trabalho como um todo foi capaz de atender aos objetivos indicados de caracterizar a cabotagem industrial e prover diretrizes para esta modalidade de transporte

Espera-se que o presente trabalho obtenha aplicações práticas, seja no âmbito das diretrizes sugeridas, como também no auxílio a implementação de um sistema de cabotagem industrial.

REFERÊNCIAS

CHRZANOWSKI, Ignacy. An Introduction to Shipping Economics. Reino Unido: Fairplay Publications, 1985.

ARACRUZ CELULOSE. Disponível em: < www.aracruz.com.br>. Acesso em: 23 jan. 2008.

ARCELOR TUBARÃO. Disponível em: < www.arcelormittal.com/br>. Acesso em: 30 jan. 2008.

AMORIM, R.P.L. ESTUDO DO TRANSPORTE DE PRODUTOS SIDERÚRGICOS, EM VIAGENS CÍCLICAS DE COMBOIOS OCEÂNICOS, DENTRO DE UMA VISÃO LOGÍSTICA

ANDRADE, Aurélio L.,SELEME, Acyr, RODRIGUES, Luís H., SOUTO, Rodrigo. Pensamento Sistêmico: Caderno de Campo. Porto Alegre: Bookman, 2006

VERACEL. Disponível em: < www.veracel.com.br>. Acesso em: 30 jan. 2008

PORTAL CELULOSE ONLINE. Disponível em: < www.celuloseonline.com.br>. Acesso em: 30 jan. 2008.

XXI CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERÍA NAVAL, TRANSPORTE MARÍTIMO E INGENIERÍA PORTUARIA - MONTEVIDEO 2009

EFECTO DE LA CRISIS ECONÓMICA EN EL MERCADO MARÍTIMO INTERNACIONAL

Dr. José González Cobas
Centro de Investigación y Desarrollo del Transporte
Carretera del Cristo No. 3, Casablanca, La Habana 11700.
Correo Electrónico: jgcobas@it.transnet.cu

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es ofrecer una panorámica del desarrollo de las crisis económicas internacionales en general y su repercusión en el sector naval y marítimo portuario.

La primera parte del trabajo ofrece una panorámica de las crisis internacionales en los últimos 40 años sus orígenes y efectos para el mundo. De la misma forma se ofrece similar panorámica de los efectos de dichas crisis para el sector marítimo internacional, exponiéndose informaciones de las variaciones que han experimentado fletes y alquileres de buques en sus distintas modalidades, así como los precios de buques de los distintos tipos en los diferentes períodos de los últimos años en el mercado internacional.

Finalmente se ofrecen reflexiones acerca de la repercusión de la crisis económica actual del mundo y algunas ideas de cómo el sector marítimo en nuestro país debe enfocar dicha crisis con vistas a un ulterior desarrollo de la marina mercante nacional.

ABSTRACT

The aim of this paper is to offer a general situation of international economic crisis and its influence in shipping.

In the first part of the paper, origins and effects over the world of last 40 years of international economical crisis are shown. At the same time is analyzed the crisis effect into shipping and

shipbuilding, where is showed different data about freights and charter variations, in its several modes, like the last year prices of different type of vessels in the maritime market.

Finally the paper offer recommendations about consequences of the actual world crisis and some ideas as how the Cuba maritime sector must to face this crisis in order to national merchant fleet development.

----------o----------

EFECTO DE LA CRISIS ECONÓMICA EN EL MERCADO MARÍTIMO INTERNACIONAL

INDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN	**3**
2. **DESARROLLO DEL TRABAJO**	**3**
La historia en el último medio siglo	***3***
Las consecuencias de la crisis	**7**
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	**12**
BIBLIOGRAFÍA	**13**
ANEXOS	**14**

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos meses, muchas cosas han ocurrido en el mundo, y especialmente en el sector marítimo. La economía y el transporte, en general, han estado fuertemente sacudidos por las alternativas de la crisis internacional originada en las economías más desarrolladas, que tomó fuerte expresión durante los últimos meses. Ello aconteció en el marco de un proceso expansivo del sector, con fuertes inversiones en equipo y en infraestructura, que seguían a una importante expansión de la demanda. Actualmente existe ya sobre-tonelaje y algunos proyectos están siendo revisados o suspendidos; los precios de la actividad presentan fuertes caídas, en especial en este último trimestre, aumenta la proporción de buques amarrados sin trabajo, y existe preocupación respecto al futuro inmediato.

Las preguntas principales respecto a la crisis se refieren a su profundidad y extensión en el tiempo; pero estas preguntas son también válidas para la actividad marítima, la duración y profundidad de la crisis económica han hecho que los efectos sobre la industria marítima hayan importantes en lo que va de año y podrán ser más dramáticos en lo que resta del presente y seguramente en el 2010.

Es objetivo del presente trabajo ofrecer una panorámica del desarrollo de las crisis económicas internacionales en general y su repercusión en el sector naval y marítimo portuario.

La primera parte del trabajo ofrece una panorámica de las crisis internacionales en los últimos 40 años sus orígenes y efectos para el mundo. De la misma forma se ofrece similar panorámica de los efectos de dichas crisis para el sector marítimo internacional, exponiéndose informaciones de las variaciones que han experimentado fletes y alquileres de buques en sus distintas modalidades, así como los precios de buques de los distintos tipos en los diferentes períodos de los últimos años en el mercado internacional.

Finalmente se ofrecen reflexiones acerca de la repercusión de la crisis económica actual del mundo y algunas ideas de cómo el sector marítimo en nuestro país debe enfocar dicha crisis con vistas a un ulterior desarrollo de la marina mercante nacional.

2. DESARROLLO DEL TRABAJO

La historia en el último medio siglo

La economía global

Es un buen momento para revisar y refrescar que ha pasado y las crisis que atravesó la industria marítima en los últimos 40 años. El Gráfico 1 muestra la evolución del transporte marítimo, en su conjunto, en relación a los principales indicadores de construcción naval (contratos de construcción de nuevos barcos para cada año, entregas anuales y cartera total al final de cada año).

El gráfico señala las cinco grandes crisis internacionales desde 1970, sin contar la actual, que también tiene un origen en las finanzas internacionales . La primera de las crisis se ubica en 1973. En aquel año se concretó la decisión de Estados Unidos de abandonar la convertibilidad de los dólares al oro, dando lugar a la eliminación del sistema de Bretton Woods –de tipos de cambio fijos– que rigió a partir del final de la Segunda Guerra Mundial. Pero además produjo la segunda devaluación del dólar, después de la realizada en 1971.

Pero el 17 de octubre de 1973, las naciones árabes aprovecharon la escasez mundial de petróleo y cuadruplicaron el precio, (En 1974 el precio del petróleo llegó a $11.5 por barril, desde $ 2.5 en octubre de 1973)aplicando un embargo a los países que hubieran apoyado al Estado de Israel en la guerra. También debido a permanecer aún cerrado el canal de Suez, los banqueros y otros buques en camino a Europa debían dar vuelta al Cabo de Buena Esperanza en sur África, con el consiguiente aumento también de los fletes. Así con esta acumulación de situaciones, el mundo cayó en recesión, pero entró además en un proceso inflacionario, con un sistema monetario internacional que se había desmembrado.

En 1979, comenzó la llamada "segunda crisis del petróleo", que produjo una subida de los precios del petróleo y de los productos industriales, pero también una caída de los precios de los productos básicos, aumento de los tipos de interés reales, grandes movimientos (fugas) de capitales, disminución de los ingresos por exportaciones por la baja de los precios de los productos primarios y de la reducción del volumen total exportado.

En su conjunto, los antes mencionados fenómenos dieron origen a la "crisis de la deuda" de los países en desarrollo, especialmente de América Latina, con graves desequilibrios en las balanzas de pagos.

La siguiente gran crisis tiene lugar a inicios de los años ´90, junto con los problemas financieros en los países escandinavos y la grave situación financiera de Japón (las burbujas). Sin embargo, otros hechos ocurrían en aquellos años y que pueden ser recordados, como el conocido "lunes negro" de Wall Street de 1987 que arrastró a las bolsas de todo el mundo, la debacle nuevamente ocurrida en 1989, la caída del muro de Berlín, los cambios políticos en la ex Unión Soviética y su área de influencia, etc., como así también la crisis del Sistema Monetario Europeo, ocurrida entre 1992 y 1993.

Pasando la mitad de la década, la gran crisis siguiente se originó en el Sudeste Asiático, en 1997, precedida de otras, como por ejemplo el denominado "efecto tequila". La crisis comenzó con la devaluación en Tailandia, y afectó gravemente a Corea, Malasia, Filipinas e Indonesia, pero desembocó en una crisis global.

Finalmente, en el inicio del nuevo milenio, aparece la última gran crisis internacional -precedente a la actual. Diferentes sucesos, como la crisis de las punto.com, debacles bursátiles varias, pérdidas de confianza internacional, corridas hacia activos conservadores, etc. se sumaron a los acontecimientos del año siguiente, en particular los ataques del 11S. La crisis de inicios de la década actual fue también global y afectó severamente a varios países latinoamericanos y caribeños.

La economía del sector marítimo

El sector marítimo y portuario siempre resultó y resultará afectado por las crisis internacionales, en mayor o menor medida; como se verá, se trata de un sector muy sensible a las crisis.

Dos momentos deben ser especialmente mencionados, y corresponden a las llamadas primera y segunda crisis del petróleo (1973 y 1979) ya mencionadas con anterioridad. La crisis en si misma, y la posterior recesión económica, provocaron una enorme cantidad de buques amarrados y sin trabajar y una secuencia importante de cancelación de órdenes de construcción naval. Los astilleros alrededor del mundo se encontraron con una gran capacidad de producción sin uso.

La órdenes de construcción de buques se redujeron un 65% entre 1973 y 1974, y la caída continuó hasta 1978, en que registró una cantidad de órdenes que era el 10% de las de 1973. Debido a que hubo una parte de las órdenes de construcción naval que se mantuvieron, el volumen de entregas se mantuvo creciente hasta 1976, aunque a partir de aquel año también comenzó a declinar. Es interesante observar el crecimiento de la cartera de construcción acumulada, que registró entre 1972 y 1973 una notoria y alta pendiente positiva. Sin embargo, durante los cinco años posteriores se repite la misma pendiente, pero con signo negativo (la gran declinación de la cartera de construcción entre 1974 y 1979).

En carne propia la flota cubana pagó más de $ 13,0 millones de USD por buques cargueros daneses de 14,000 TPM y 15 nudos, contratados en 1975, cuando en 1969 había pagado solo algo más de $5,0 millones de USD por cargueros suecos de alto Standard con 15,400 TPM y 18 nudos.

Sin embargo, junto con la segunda crisis del petróleo, se inicia un doble efecto dañoso: cayó el volumen total de mercancías transportadas por mar, al mismo tiempo que hubo nuevos efectos perniciosos sobre la construcción naval.

Respecto al primero, se inició un periodo de retracción del transporte por agua que se prolongó desde 1980 a 1985, con cinco años seguidos de crecimiento negativo. Sin embargo, a partir de 1986, y hasta 2007, se mantuvo el crecimiento positivo del transporte marítimo en su conjunto (contenedores, bulk, tanker y otros), a una tasa media anual de aproximadamente 3.5%. A lo largo de todo el periodo, que fue de constante crecimiento, solamente se observan dos momentos de estancamiento, en 1998 (crecimiento de 0.1%) y en 2001 (1%), pero no se repitió una situación de decrecimiento.

Más adelante se expone que para el segmento de transporte de contenedores el comportamiento fue siempre positivo, evidenciando que los efectos sobre el transporte marítimo son distintos entre los segmentos. En este sentido debe tomarse en cuenta que el contenedor es una variante moderna y avanzada tecnológica y económicamente de la transportación de carga general, por lo que la crisis de transportación de carga general queda a cargo de los buques del tipo carguero o multipropósito, pues aún queda mucha carga por contenedorizar y este mercado aún es joven. A pesar de lo cual también se ha deprimido.

La construcción naval tuvo altibajos; sin embargo, nunca recuperó las tasas decrecimiento previas a 1973, sino hasta treinta años después: 2003 - 2004 y 2005 -2007 (considerando la pendiente de la cartera). Luego de caer entre 1973 y 1978, la segunda crisis del petróleo interrumpe una ligera recuperación, prolongando la caída o el estancamiento hasta finales de la década de los años ’80. Es la crisis de inicios de los noventa la que vuelve a interrumpir otra tímida recuperación; sin embargo entre el año 1992 y la crisis asiática se insinúa una recuperación, que luego de superar la caída del ’98, encuentra un pico en las órdenes de construcción del año 2000, en el que por primera vez desde 1972 se supera el tonelaje ordenado para construcción (casi 30 años después). Nuevamente en 2001 y 2002 hay una disminución de órdenes y un estancamiento en la cartera, pero el año 2003 inicia el periodo de mayor auge, con crecimientos constantes de las órdenes de construcción, de las entregas de buques y de acumulación de cartera pendiente.

En todo el periodo considerado, debe observarse especialmente aquel que transcurre entre 1975 y 2002, cuando se observa el estancamiento de la construcción naval, cuyas órdenes de nuevos buques crecieron a una tasa anual promedio de 2.49 %, mientras que el transporte demandó un crecimiento casi igual (2.52 %). En consecuencia, es factible advertir que toda la euforia previa de construcción naval, al menos entre 1970 y 1974, da lugar a un exceso de oferta de capacidad de transporte que se traslada para varios años después de ocurrida.

En este período, en la década de los años 80 los astilleros de Sur América casi fueron paralizados, pues los niveles de capacidad utilizada rondaron el 10 %. También problemas financieros con las paridades monetarias en dichos países conllevaron que los precios de las construcciones en los mismos no compitieran con sus similares del Asia y de Europa del Este, lo que llevó a muchos a la bancarrota. En paralelo y debido a políticas neoliberales implantadas, en la mayor parte de los países latinoamericanos, se eliminaron las leyes de reserva de cargas, so pretexto de incrementar la eficiencia y disminuir los costos en el transporte internacional con la abierta participación en el mismo de las flotas extranjeras. Consecuencia de ello, la quiebra de la mayoría de los armadores nacionales, a los que tampoco los gobiernos ayudaron para financiar la adquisición de nuevos buques más eficientes: Las flotas nacionales prácticamente desaparecieron en América Latina.

Para el segmento de tanqueros, a partir de 1973 se configura una situación de exceso de oferta de capacidad de transporte que se extiende hasta el año 2003: 30 años. El sobre-tonelaje indicado es un efecto muy claramente estudiado en el ciclo marítimo, que explica históricamente el comportamiento de oferta y demanda en el transporte, con efectos sobre el nivel de precios y de los insumos de la actividad marítima. Sin embargo, la aprobación por parte de la OMI de regulaciones para la operación de buques tanqueros con doble casco impulsó a no pocos armadores a la renovación de sus flotas, cuestión esta que aprovechó especulativamente la industria naval y ayudó a disparar los precios de los nuevos buques, que prácticamente triplicaron sus precios en los años subsiguientes.

Respecto a la crisis actual, la caída del consumo mundial ha frenado el tráfico de las importaciones y exportaciones, desdibujando el mapa de las rutas marítimas y alterando su trazado. Las principales navieras han puesto en marcha sus planes estratégicos para adaptarse a la caída de la demanda. como ocurrió después de 1973, es posible ver un comportamiento similar, con una gran disponibilidad de buques, sean graneleros o portacontenedores, pero

que ahora parece menos atractiva al estar navegando con muchos espacios vacíos en su interior, con lo que aumenta la flota ociosa, amarrada, sin trabajo.

En un mercado mundial donde anualmente se mueven más de 155 millones de TEUs (datos estimativos de 2008) la actual estructura ha quedado sobredimensionada. Proliferan los acuerdos entre compañías para ofrecer servicios conjuntos, gigantes portacontenedores quedan en dique seco mientras que otros disminuyen su velocidad para reducir costes en combustible. El Canal de Suez es sorteado a favor del cabo de Buena Esperanza, no importa aumentar unos días el tiempo de tránsito cuando estamos hablando de ahorrar millones de euros al año, no sólo por el precio del peaje sino por el recargo que cobran las aseguradoras por cruzar el Golfo de Adén, donde los ataques de piratas han proliferado en los últimos años. Las reestructuraciones y fusiones de los servicios dificultan saber cuántas rutas se han reducido.

Según información reciente en febrero estaban amarrados un total 427 buques portacontenedores con una capacidad total de 828.009 TEU, “una cifra considerablemente más alta de lo que algunos analistas pensaban. De estos buques, 41 tienen más de 5.000 TEU, 71 entre 2.500 y 4.999 TEU, 138 entre 1.000 y 2.500 TEU y el resto, 177 buques, menos de 1.000 TEU.

En el mercado de petroleros "la espiral descendente podría durar hasta 2011” Un estudio consultado señala que, en los próximos dos años, la flota mundial de petroleros aumentará en 60 millones de tpm y se desguazarán 45 millones de tpm de este tipo de buques, en cumplimiento del calendario de la OMI para eliminar progresivamente los petroleros monocasco. Asimismo, un 70% de la flota mundial de petroleros tiene menos de 9 años. El banco alemán DVB predice que el sector "vulnerable" de los VLCC será el siguiente en experimentar un descenso importante.

La bajada de los precios del combustible y los incrementos de los peajes del Canal de Suez y del Canal de Panamá ha llevado a las navieras a presionar a las autoridades de ambos canales para que cancelen el aumento de los peajes de 2009 e incluso realicen rebajas en sus tarifas. Mientras que el Canal de Suez ha accedido a la congelación de los precios de peaje de forma indefinida, no así el de Panamá.

Entonces, la pregunta fundamental es que tan larga y profunda es la crisis que viene después de 2008, que primero fue financiera (dividida en dos etapas: de solvencia y de liquidez), después afectando a la economía real y finalmente, a la industria marítima. Respecto a la actual crisis financiera y económica, “qué tan larga” y “qué tan profunda”, se convierten en preguntas cruciales para el futuro de la industria marítima, y son los grandes temas y desafíos para nuestro sector. Como consecuencia de toda la situación antes esbozada del mercado internacional de las finanzas y los productos y tal como siempre lo esperan los especialistas y estudiosos de la economía marítima, el mercado de fletes y buques en este caso se ha desplomado, después de un boom del mercado internacional de productos que inversamente a lo actual se produjo a partir del año 2004.

Las consecuencias de la crisis

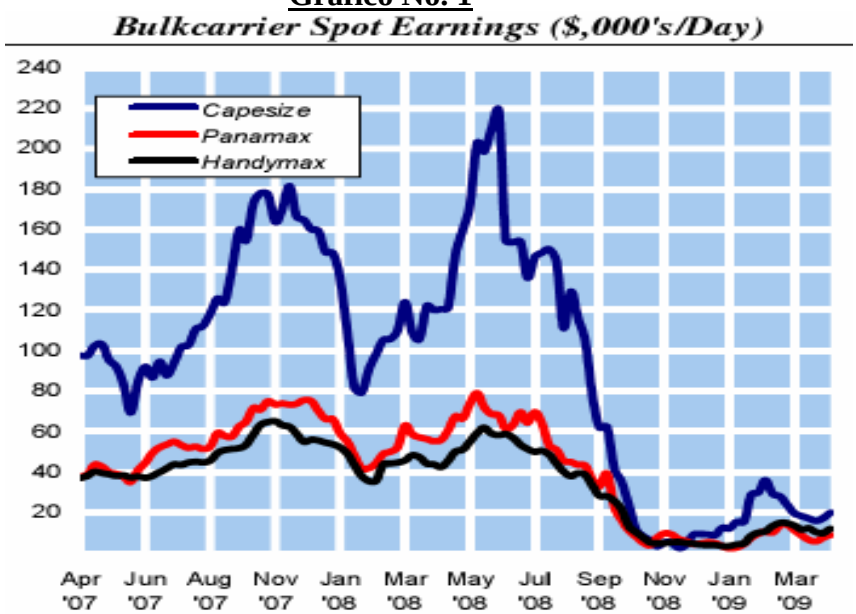
A continuación expondremos algunas cifras que ilustran lo antes señalado en nuestro sector comparando los niveles de fletes y precios de buques para cargas secas.

Tabla No. 1 - Alquiler de buques por viaje
Trip Charter en USD / Día

Tipo de Buque	2007	2008	Promedio 1er. Trim 2009	Abril 24/09
Panamax	**56,909**	**48,876**	**10,064**	**13,875**
Handymax 52,000	**47,582**	**41,113**	**10,949**	**14,188**
Handymax 45,000	**42,583**	**36,245**	**9,548**	**12,125**

Los niveles promedios de esta modalidad de fletamento están rondando el 20% de los valores del 2007 y el nivel medio obtenido en fines de Abril no cambia las lúgubres las expectativas, pues ese ligero aumento en comparación con el promedio de inicios del año, parece deberse a la demanda que ofrecen los contratos de transportación de las cosechas cerealeras del hemisferio Sur y que producen un pico de transportación que se une con la demanda de similar cosecha del hemisferio Norte en el verano nuestro. En la gráfica No. 1 que sigue se puede ver este efecto para los tres tamaños tipificados de buques.

Grafico No. 1



Bulk Carrier Timecharter Market

1 Year T/C...		Average Rate $/day 2006	2007	2008	To Date 2009	Apr 24
Capesize	Modern	45,246	106,918	111,529	25,265	24,500
Panamax	Modern	22,155	52,317	55,637	13,507	14,250
Super H'max	Modern	21,881	45,702	45,510	11,632	13,000
Handymax	Modern	19,432	39,870	38,673	10,088	11,000
Handy	Modern	14,710	28,120	29,486	8,676	9,750
Capesize	"CSBC"	37,624	90,327	89,582	20,441	21,500
Capesize *	1980s	20,529	45,135			
Panamax	1980s	15,236	40,926	44,697	7,147	7,625

3 Year T/C...		Average Rate $/day 2006	2007	2008	To Date 2009	Apr 24
Capesize	Modern	36,365	75,808	82,260	23,721	21,000
Panamax	Modern	17,736	39,774	44,356	14,382	14,000
Super H'Max	Modern	16,772	33,750	33,788	12,244	12,250
Handy	Modern	12,520	21,863	21,837	9,759	9,750
Capesize	"CSBC"	29,413	63,077	70,053	18,441	18,000
Panamax	1980s	10,101	28,168	28,837	7,456	7,000

Mercado de alquiler por tiempo

En la Tabla No. 2 que sigue se presenta el comportamiento del mercado de alquiler por tiempo de graneleros:

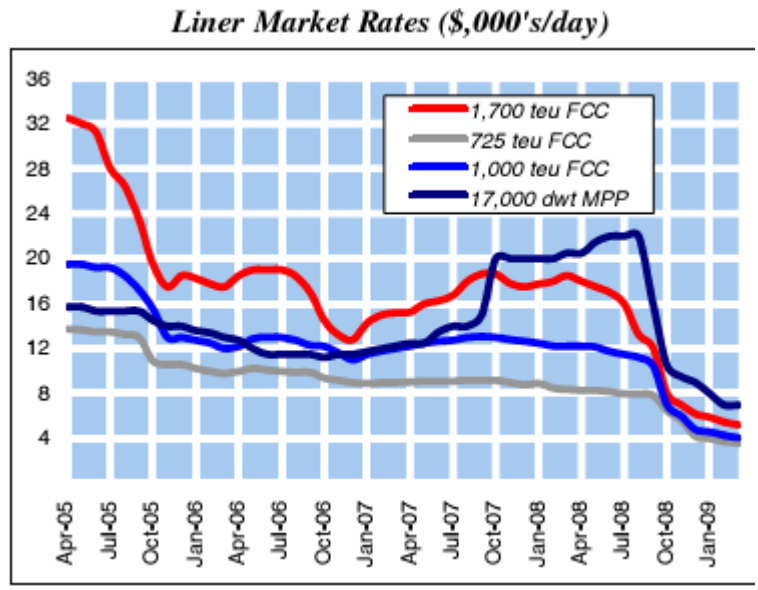
Tabla No. 2

El mercado de alquiler por tiempo se presenta con niveles inferiores a los del alquiler por viaje, lo cual es lógico de cara a una crisis

cuyo momento de recuperación no se puede vislumbrar y mas en este mercado en que el nivel de buques en construcción y contratados ha alcanzado un nivel record, no existiendo, al menos en términos de contratos, espacio en los astilleros de construcción hasta después del año 2011. Consecuencia de lo antes planteado es que los alquileres en contratos por tres años resultan aún más bajos que los de un año vista.

Otra cosa ha sucedido con el mercado de buques portacontenedores y multipropósito, con una menor afectación en la crisis, dado por el motivo de que estos buques trabajan en líneas regulares como norma y sus períodos de fletamento es en general por largos períodos de tiempo, que varía desde uno a tres años y aún mayores. La crisis en estos buques se refleja en el aprovechamiento de sus slots y si la crisis se extiende en el tiempo, como se prevé la actual, es que entonces comienzan a quedar buques disponibles. Vease en el gráfico no.2 que sigue el comportamiento de este mercado en los últimos cuatro años a partir del boom del 2004 que para estos tipos de buques fue muy ligero, pues la afectación principal fue para los graneleros.

Gráfico No. 2



En la Tabla No. 3 que sigue se presenta el comportamiento numérico del gráfico anterior en promedios anuales de time charter por día de los distintos tamaños de portacontenedores y multipropósito de 9,000 y 17,000 TPM.

Tabla No. 3
Promedios anuales del alquiler diario de buquew portacontenedores y multipropósito

Container / MPP / Short Sea Markets	Average				2008 2009			Liner
	2005	2006	2007	2008	Jan	Feb	Mar	Apr
Container Vessels ($/Day)								
Feedermax, 725 teu grd.	12,775	9,817	9,054	7,563	4,000	3,750	3,600	3,600
Handy, 1,000 teu grd.	17,700	12,350	12,500	10,346	4,600	4,300	4,100	4,100
Handy, 1,700 teu grd.	27,146	17,079	16,613	14,108	5,900	5,500	5,250	5,250
Sub-P'max, 2,000 teu g'less	28,750	18,392	19,696	16,313	6,500	6,200	5,900	5,900
Sub-P'max, 2,750 teu g'less	34,813	22,646	26,292	21,958	8,500	7,000	6,200	6,200
Panamax, 3,500 teu g'less	38,427	26,583	29,958	26,125	10,500	9,500	7,450	7,450
MPP Tonnage ($/Day)								
17,000 dwt, grd. 1 yr. t/c (liner)	14,983	12,083	14,792	17,792	8,000	7,000	7,000	7,000
9,000 dwt, 1 yr. t/c (liner)	12,213	10,192	10,708	10,199	6,500	6,000	6,000	6,000

Los niveles de alquiler en el pasado mes de abril para los buques que arriban a nuestro país -no Feeder- han disminuido entre un 50% y un 66% respecto al valor medio del 2008 y los multipropósito entre un 40% y un 60%.

Compra - venta de buques de Carga Seca

El mercado de buques de segunda mano se muestra con una alta repercusión debido a lo anteriormente expuesto, los buques más viejos se han comenzado a amarrar y en dependencia de la economía del armador se están poniendo a la venta, mostramos algunos ejemplos de operaciones realizadas durante Abril / 09 y otras realizadas tan solo hace un año:

Tabla No. 4 - Operaciones seleccionadas realizadas en Abril / 09

Tipo de Buque	Medios de carga	TPM	Año de Construcción	Precio en Millones USD
Carga Gral.	Gruas 2 x 15	6,830	1996	3,8
Granelero	,, 3 x 25	24,345	1995	11,1
,,	,, 4 x 30	27,365	1997	14,0
,,	Idem	46,610	1997	17,0
,,	Idem	26,435	1995	10,0
,,	Idem	35,366	1999	15,0
,,	Idem	32,355	2004	20,0
,,	Idem	45,700	1995	15,5

Operaciones seleccionadas realizadas a fines del 2007 e inicios del 2008

Tipo de Buque	Medios de carga	TPM	Año de Construcción	Precio en Millones USD
Carga Gral.	Gruas 1 x 50	6,569	1999	11,0
,, ,,	,, 2 x 25	2,012	1990	5,5
,, ,,	,, 2 x 30	11,885	2001	21,0
Multiprop.	500 Teu´s	9,804	2002	14,8
,,	387 Teus´s	14,451	1997	12,0
Granelero	Gruas 4 x 30	46,644	2000	63,5
,,	Sin medios	42,968	1990	31,0
,,	Gruas 4 x 30	28,399	1995	39,5

Las diferencias de precios hablan por si solas. Si se tiene mercado, sobre todo cautivo, es tiempo de comprar buques.

Mercado de Nuevas Construcciónes

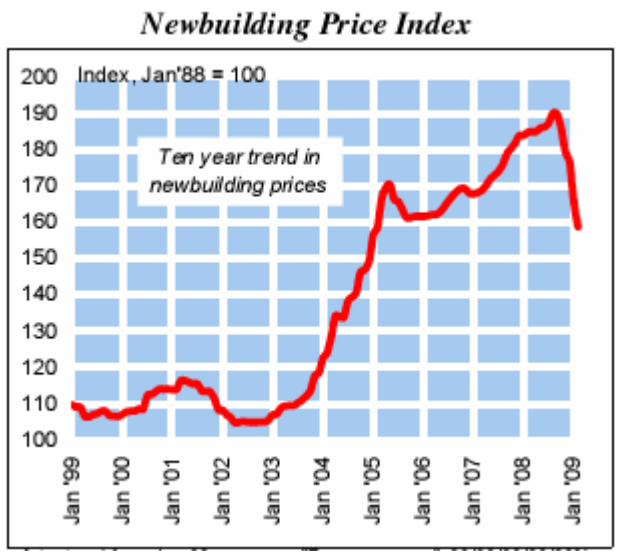
En la tabla No. 5, (*) a la derecha se puede ver como ha evolucionado este mercado en los últimos tres años y la tendencia a la baja. Es notable la baja de precios respecto al 2007 y al 2008, lo que ha llevado los mismos a los niveles del 2006 e incluso inferiores.

Tabla No. 5

Newbuilding Prices		Year End, $m.			Th
		2006	2007	2008	Apr
Tankers					
VLCC	320,000 dwt	129.0	146.0	150.0	130.0
Suezmax	157,000 dwt	80.5	90.0	91.0	73.5
Aframax	115,000 dwt	65.5	72.5	75.0	65.0
Handy	51,000 dwt	47.0	52.5	47.5	43.5
Bulk Carriers					
Capesize	180,000 dwt	68.0	97.0	88.0	72.0
Panamax	76,000 dwt	40.0	55.0	46.5	36.5
Handymax	57,000 dwt	36.5	48.0	42.0	35.0
Handysize	35,000 dwt	29.5	38.0	32.5	28.0
Gas Vessels					
LPG	82,000m³	92.0	93.0	92.0	83.0
LNG	160,000m³	222.0	237.0	245.0	233.0
Dry Cargo					
Container	3,500 teu	51.0	53.0	60.0	46.0
Container	1,100 teu	22.0	27.5	25.0	19.0

* Los precios en USD a final de cada año 2006 – 2008 y los precios promedio en el pasado mes de Abril / 09.

Debe considerarse que los precios de las construcciones navales solo pueden ser rebajados hasta descontar el nivel de especulación dado por las circunstancias coyunturales, los distintos materiales y equipos que requiere un buque depende de infinidad de productos y fuerza de trabajo que nunca hará descender los precios hasta niveles anteriores a los aumentos salariales dados por cada productor en particular.



<u>Grafico No. 3</u>.

En el gráfico No. 3 se aprecia lo ocurrido en el mercado de nuevas construcciones navales en los últimos 10 años en términos muy generales. Las alzas se corresponden en buena medida a niveles especulativos por la falta de capacidades en astilleros en un momento de boom del mercado a partir del 2004. Es nuestra opinión que el descenso debe llegar solo hasta niveles de entre el 130% y el 140% respecto al nivel base del 1988 tomado como referencia, pues debido a los años transcurridos entre 2004 a la fecha, la estabilización de insumos y producción de materiales, equipos y maquinarias para los buques no podrá resistir más reducciones de precios.

<u>El brusco desplome de los fletes se mantendrá "mucho tiempo" más allá del final de la crisis.</u>

Según expusimos con anterioridad la secuencia de las crisis anteriores han sido:

En la Fase 1 (1963-73), tanto la demanda como la oferta crecieron rápidamente y el mercado fue próspero.

La Fase 2 (1974-88) comenzó con la crisis del petróleo de 1973 y una burbuja de construcción naval. Como resultado, durante toda una década no hubo apenas crecimiento de la demanda mientras había una notable sobrecapacidad de flota y de construcción naval. Esto provocó un largo periodo de depresión que se prolongó hasta 1988.

Luego, en la Fase 3 (1988-97), el comercio repuntó, pero el mercado tuvo aún que absorber el excedente de oferta, de tal forma que los fletes en ese periodo se mantuvieron en general bajos. Finalmente, en la Fase 4 (1998-2008), el comercio creció rápidamente y hubo déficit de flota, de modo que el mercado de fletes experimentó un ”boom”.

El año 2008 indicó la presencia (o el inicio) de una crisis (posiblemente severa) para los asuntos marítimos, lo cual incluye sobre tonelaje, caída de fletes, astilleros plenos de órdenes en progreso (las cuales fueron acordadas a precios muy altos) y proyectos portuarios para expansión de capacidad bajo severa revisión.

La crisis posible del sector marítimo proviene de la crisis internacional que atraviesa el mundo actualmente. Sin embargo, la historia nos muestra que el sector marítimo es muy sensible a dichas crisis y de su extensión y profundidad depende el grado de impacto esperable. El riesgo de sobre tonelaje y exceso de oferta es preocupante, aún cuando hemos visto que los patrones de conducta del transporte son estables.

Las bajas de los fletes son una buena noticia en el corto plazo para el sector productivo y el comercio internacional, para nuestros importadores y exportadores, dado que actualmente nuestro país no tiene prácticamente flota mercante. Sin embargo, tales magnitudes de caída, como también lo fueron las anteriores subidas y la alta volatilidad, indican la existencia de un problema más grande que llama a preocupación.

El sector marítimo portuario constituye la extensión del comercio internacional, sin el cual nuestro país "**NO PUEDE SUBSISTIR"** y la profundidad de la crisis internacional que afecte la actividad económica y la demanda de transporte por agua, viendo la experiencia histórica de coincidencia de crecimientos tan marcados en la cartera de construcción naval (1972-1973, repetidos en la última fase del ciclo: 2003-2004 y 2005-2007), que cuando fueron acompañados de procesos recesivos largos marcaron momentos dramáticos para la industria marítima (en sus varios aspectos, incluyendo el transporte, el empleo y la construcción naval, entre otros). Recuérdese la existencia de efectos, como los mencionados, que en algunos casos llegaron a los 30 años.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La crisis posible del sector marítimo proviene de la crisis internacional que atraviesa el mundo actualmente.
- La historia nos muestra que el sector marítimo es muy sensible a dichas crisis y de su extensión y profundidad depende el grado de impacto esperable.
- El riesgo de sobre tonelaje y exceso de oferta es preocupante para los armadores.
- Las bajas de los fletes son una buena noticia en el corto plazo para el sector productivo y el comercio internacional, para nuestros importadores y exportadores, dado que actualmente nuestro país no tiene prácticamente flota mercante.
- El sector marítimo portuario constituye la extensión del comercio internacional, sin el cual nuestro país "**NO PUEDE SUBSISTIR".**
- La flota debe desarrollarse para participar en el comercio en aquellas áreas en que resulte eficiente su explotación con mínimos lastres y en donde gane fletes por cargas entre terceros y mediante la utilización de los buques adecuados.
- La explotación de la flota debe ser con el régimen medio internacional, lo que solo se logrará en nuestro caso operando en un esquema financiero cerrado en que los recursos para la operación y mantenimiento salgan de sus mismos ingresos y las ganancias anuales coadyuven al pago de fletes en direcciones en que la operación con buques propios no sea eficiente.

- La adquisición de buques debe hacerse aprovechando las coyunturas del mercado internacional.

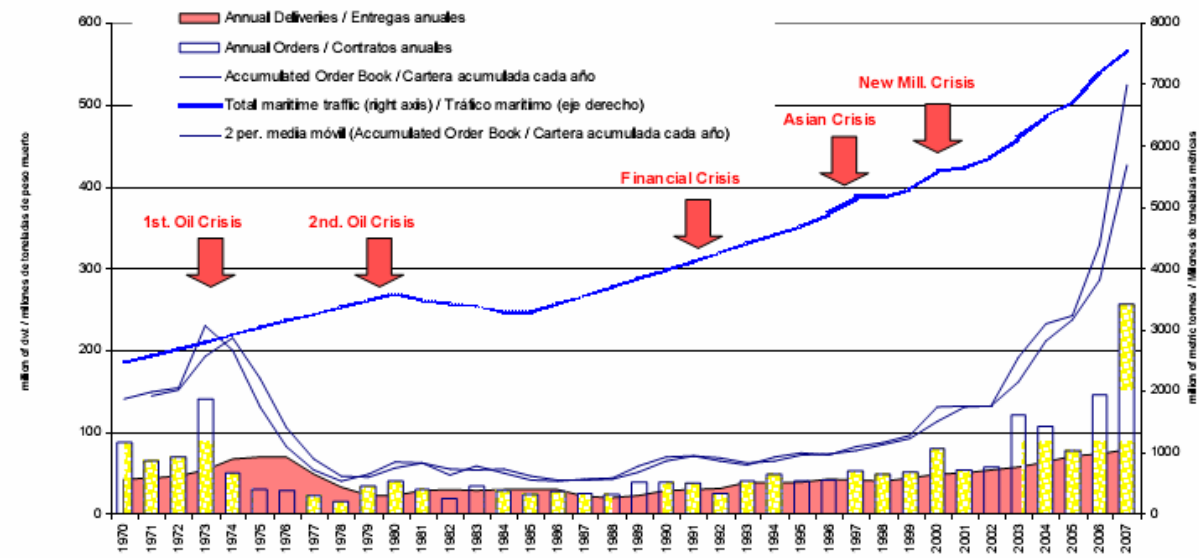
- Se deben comprar los buques con especificaciones y parámetros adecuados a nuestras necesidades.
- Promover la creación de un esquema financiero para la construcción naval en países Suramericanos aprovechando las oportunidades del ALBA, para pagar los buques con el ahorro en fletes.
- Un sector marítimo fuerte y consolidado, con puertos que operen eficientemente, con una flota que opere eficientemente ofertando fletes razonables, es necesario para la actividad productiva y comercial, y para "ASEGURAR" el desarrollo económico de un país como el nuestro que: "ES Y SEGUIRA SIENDO UNA ISLA".

Bibliografía

Boletín Informativo de ANAVE nº 484, Marzo 2009.
CEPAL: Boletín Informativo No. 36. Santiago de Chile, Enero 2009.
Informes varios del Lloyd's MIU, Londres, 2008 y 2009.
Reportes del Mercado Marítimo Internacional . IMER. Varios reportes. La Habana, 2009.
Shipping Intelligence Weekly. Clarkson Research Services Lted. 2008/2009.

ANEXOS

Gráfico 1 El largo plazo en la industria marítima



Fuente: Ricardo J. Sánchez, CEPAL, Naciones Unidas sobre información de ANAVE, Fearnleys y UNCTAD

Gráfico 2 Fletes de transporte de contenedores. Indice 2001-2008, base 2002=100

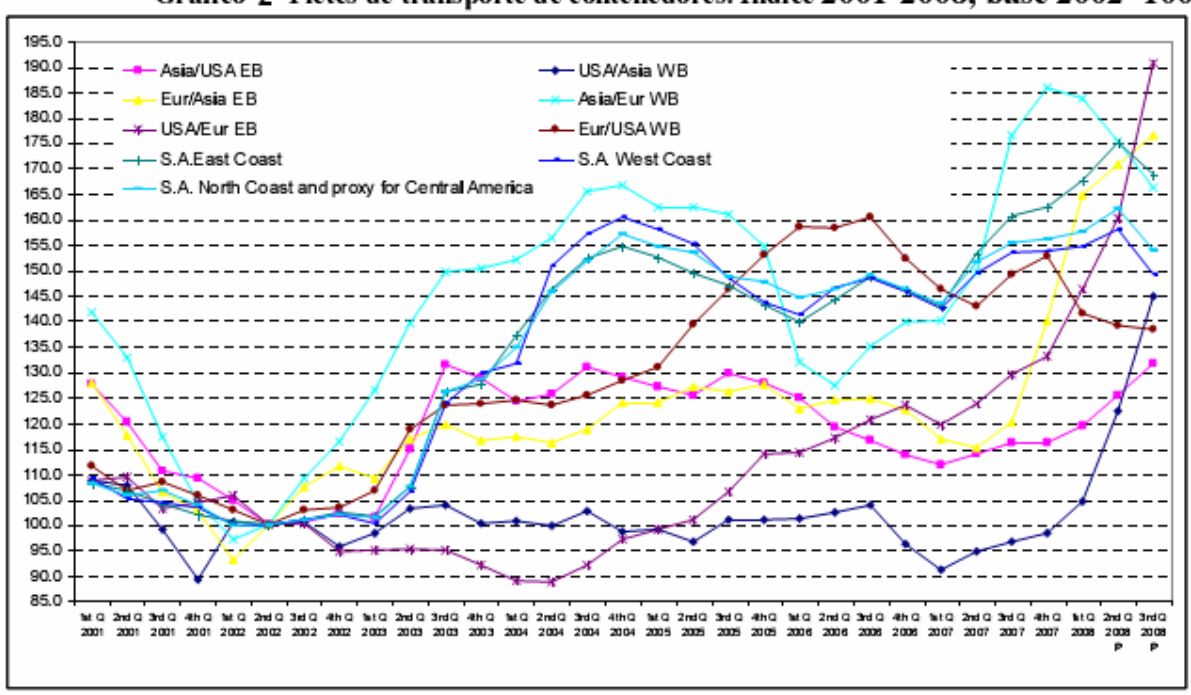


Gráfico 3 Valores de time-charter portacontenedores 2000-2009

